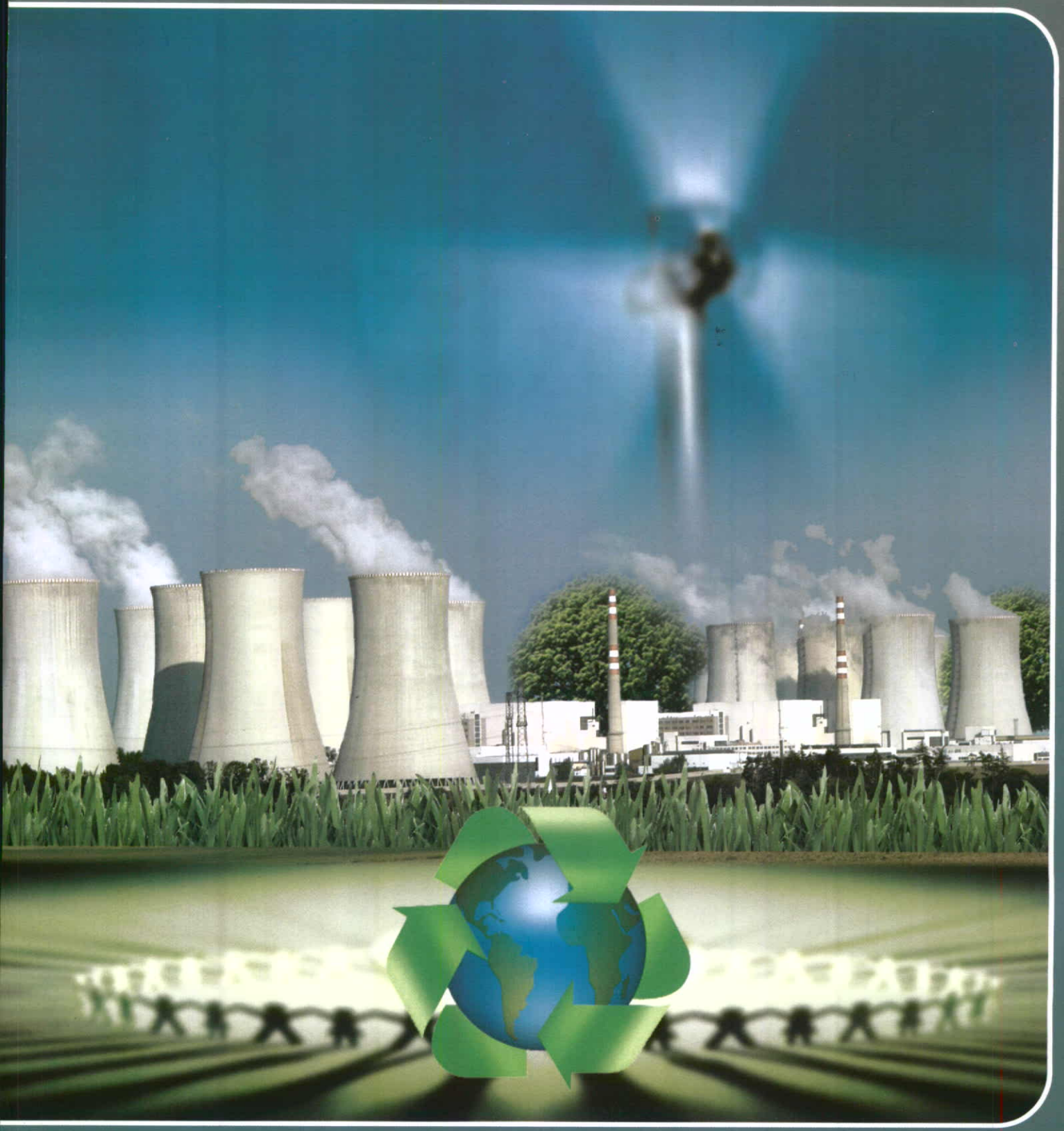
شرکت مهندسی

قدس نیرو

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۳۶ - زمستان ۱۳۸۹



پیرو سیاست گذاری وزارت نیرو در اواخر دهه هفتاد مبنی بر احداث نیروگاه های سیکل ترکیبی درکشور تعداد قابل توجهی پروژه های نیروگاه های گازی بعنوان فاز اول پروژه های مذکور به شرکت قدس نیرو ابلاغ گردید.به لحاظ پاسخگویی به حجم بالای کار و ارائه خدمات مهندسی و مشاوره ای به پروژه چهار نیروگاه گازی به ظرفیت ۳۰۰۰ مگاوات،مدیریت ارشد مهندسی نیروگاه گازی ۲ فعالیت خود را در سال ۱۳۸۲ آغاز نمود که در ادامه،ارائه خدمات مهندسی پروژه های دیگری نیز بدان اضافه و در دستور کار مدیریت قرار گرفت.

از جمله پروژه های اجرا شده و در دست اجرا توسط این مدیریت می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ارائه خدمات مهندسی و مشاوره ای در بخش گاز نیروگاه های سیکل ترکیبی پرند، ارومیه ، اردبیل ، قائن و چابهار و همچنین پارس جنوبی شامل ۲۶ واحد توربین گازی V 94.2
- انجام طراحی پایه در پروژه نیروگاه گازی پارس جنوبی (بعثت) با شش واحد V94.2
- نظارت براجرای (نظارت کارگاهی) نیروگاه های پرند، اردبیل و پارس جنوبی
- انجام طراحی پایه نیروگاه گازی فازهای ۶و۷و۸ و فازهای ۹و ۱۰ مجتمع پارس جنوبی با چهار واحد ۴۴ مگاواتی در هر یک از فازهای مذکور
- انجام طراحی پایه و تهیه مشخصات فنی برای احداث نیروگاه اختر در منطقه عسلویه برای تولید همزمان برق و بخار
- ارائه خدمات مهندسی برای تبدیل نیروگاه گازی پارس جنوبی به سیکل ترکیبی
- ارائه خدمات مهندسی و مشاوره و همچنین نظارت بر اجرای پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان شامل دو واحد توربین گازی و یک واحد بخار جمعاً حدود ۵۰۰ مگاوات
- انجام خدمات طراحی و مهندسی در پروژه احداث سه واحد بخش بخار نیروگاه سیکل ترکیبی ارومیه. این پروژه با همکاری چهار شرکت دیگر بصورت EPC انجام می شود.

خدمات مهندسی قابل ارائه این مدیریت شامل موارد زیر می گردد:

- مطالعات اولیه برای احداث نیروگاه
- مطالعات امکان سنجی و تعیین محل ساختگاه
- مطالعات زیست محیطی ، هواشناسی ، زمین شناسی و لرزه خیزی،سوخت،آب و پخش بار
- مطالعات ژئوتکنیک
- تهیه مشخصات فنی نیروگاه
- انجام طراحی های مفهومی،پایه و تفصیلی در بخش تجهیزات وسیستم های جنبی (BOP)
- تهیه اسناد مناقصه برای انتخاب پیمانکار
- نظارت بر اجرای پروژه ها (نظارت کارگاهی)
- نظارت بر ساخت و آزمایشات کارخانه ای
- مشارکت در پروژه های EPC

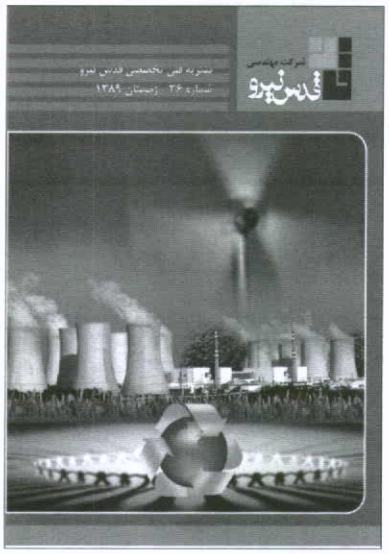
بسمه تعالی

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۳۶- زمستان ۱۳۸۹
مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد
سـر دبیـر : مهندس فتانه دوستدار

با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری‌زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس میر داود حسینی میلانی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.



فهرست مطالب

- معرفی ۱
- اثر رطوبت‌هوا در خنک‌کنندگی برج‌های هلر- محمدعلی‌قانع ۲
- بهره‌برداری بهینه از پساب تصفیه شده فاضلاب شهر کرمان با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی- علی سمیعی، رامین نیکنام، امیرابراهیم یوسف‌پور ۹
- مروری بر مقوله مهندسی مجدد فرآیندهای کسب و کار و متدولوژی مبتنی بر تغییرات تدریجی- راحله نعمتی ۲۰
- وضعیت انرژی باد در کشور ایران با توجه به تئوریهای استحصال انرژی بادی توسط توربینهای محور افقی و اطلس باد کشور- جواد راحلی‌سلیمی ، محمود داودی ۲۷
- مکانیزم تعیین قیمت خدمات مهندسی - عباس شفیعی ۳۸
- جمع‌آوری، تصفیه و بازیافت پسابهای نیروگاهی - بابک فرهمندشاد ۴۲

هیئت داوران:
مهندس پورنگ پاینده، مهندس مسعود حبیبا...زاده، مهندس فتانه دوستدار، مهندس رضا رضوی، مهندس داریوش چگینی، مهندس داودزاور، مهندس فرهادشاهمنصوریان، دکتر جعفر عسگری، مهندس آرمین علیدوستی، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس بهرام کرمانی، مهندس علی‌اصغر کسائیان، مهندس محسن کمالی‌زاده، مهندس بهزاد مرادی، مهندس وحید مرتضوی، مهندس مهرداد مستقیمی، مهندس الهام ملکی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس رسول نحوی‌زاده، مهندس بهروز هنری.

این نشریه از طریق اینترانت قدس‌نیرو در دسترس همکاران می‌باشد. ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترانت قدس‌نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲ امکان‌پذیر می‌باشد.

اثر رطوبت هوا در خنک کنندگی برج های هلر

محمدعلی قانع

مدیرپروژه اصلاح برج خنک‌کننده نیروگاه شهید مفتح (همدان) - SBU نیروگاه

کلمات‌کلیدی: برجهای هلر؛ کندانسورACC؛ جرم مولکولی؛ جرم ویژه؛ انتالپی؛ گرمای نهان تبخیر؛ فشار جزیی؛ فشار اشباع؛ گاز ایده‌آل؛ رطوبت نسبی؛ مول

چکیده:

وجود رطوبت هوا در قدرت خنک کنندگی برج‌های هلر در نگاه نخست آنچنان مثبت ارزیابی می‌شود که به نظر می‌رسد نیازی به بررسی بیشتر آن نیست. دو دلیل روشن برای چنین برداشت شهودی قابل رد یابی است. نخست اینکه، چون هوای مرطوب را مخلوطی از آب و هوا احساس می‌کنیم آنرا سنگین تر از هوای خشک می‌انگاریم. در حالیکه، هوای مرطوب، آمیزه‌ای از بخار آب و هوا بوده و به جهت اینکه جرم مولکولی هوا بیشتر از جرم مولکولی بخار آب است وزن مخصوص کمتری دارد. دلیل دوم گرمای نهان تبخیر آب است که همیشه این احساس را به ما می‌دهد که، هر چه در آن آب باشد، انتالپی بیشتری دارد. در صورتیکه، بخار آب موجود در هوا دیگر گرمای نهان تبخیری ندارد. بنابراین، با فرو ریختن چنین بنیاد شهودی، سئوال نه تنها همچنان پا برجاست، بلکه پرسش کلیدی اینجا است که این اثر چه مقدار است و آیا آنقدر شایسته است که در محاسبات در مورد آن توجه کنیم؟

۱- مقدمه

همانند هر تازه وارد دیگری در عرصه صنعت، برجهای خنک کننده هلر با ورود خود، پاره‌ای از انگاره‌های گذشته را ژرفا داده و به خدمت گرفتند. در پروژه" ***اصلاح برج خنک‌کننده نیروگاه شهید مفتح همدان"***، از همان آغاز کار این مباحث چالش‌های فراوانی را در پیش روی گروه‌های تخصصی شرکت مهندسی قدس نیرو قرار داد. مفاهیمی‌چون اوج باد، فاصله هوایی بین اتصالات، Loss Of Support، دمای طراحی، یخ زدگی دلتاها، کاهش قدرت خنک کنندگی در اثر افزایش دما، سرعت باد و رطوبت محیطی از چالش برانگیز ترین و جذاب ترین مباحثی بودند که گروه پروژه را به پویایی بیشتر می‌کشاندند. در این مجال هدف بررسی اثر رطوبت نسبی محیط بر قدرت خنک کنندگی برج‌های هلر است. شایان ذکر است که این بررسی را با کمک نرم افزار ترموفلو می‌توان در مورد کندانسور ACC، اثر رطوبت نسبی هوا را در فشار کندانسور، مصرف انرژی الکتریکی فن کندانسور، نرخ هوای ورودی به کندانسور و دمای هوای خروجی کندانسور انجام داد. با اینهمه، ضرورت بازنگری و یافتن دلایل مفهومی آن خالی از فایده نخواهد بود.

۲-کلیات

رفتار هوای مرطوب در فشار اتمسفر یا فشارهای نزدیک به آن و در دماهای 50°Cتا70°C از اهمیت بالایی برخوردار است. در این شرایط هوای مرطوب تنها بصورت گاز می‌تواند یافت شود ولی امکان حضور آب به صورت مایع، بخار و جامد وجود دارد. تجربه ما در هنگام خنک شدن هوا این است که بخشی از بخار آب موجود در هوا به صورت مایع از هوای مرطوب جدا میشود ونیز همه می‌دانیم که هوا با گرم شدن، این توانایی را دارد که بخار آب بیشتری را در خود نگهدارد.

بخار آب موجود در هوا در دامنه وسیعی از دماهای محیطی همانند یک گاز ایده‌آل عمل می‌کند، یعنی در آن رابطه $Pv/RT = 1$ برقرار است. برای مثال در دمای $t = 50^{\circ}C$ فشار اشباع بخار آب $P = 12.350\ kPa$ و حجم ویژه آن، $v = 12.032\ m^3/kg$ است. با چنین مقادیری کسر Pv/RT برابر خواهد شد با:

$$\frac{12.350x10^3\left[\frac{N}{m^2}\right]x12.032\left[\frac{m^3}{kg}\right]}{(8312/18.016[m.\frac{N}{kg}.K])(273+50)[K]} = 0.998 \qquad (1)$$

بنابراین، رفتار هوا با گازهای کامل اختلافی درحد دو هزارم دارد و این قابل صرفنظر کردن است. چون مقدار انرژی ویژه قابل جذب هوا برابر است با حاصلضرب وزن مخصوص هوا در انتالپی آن، پس اثر رطوبت هوا در قدرت خنک کنندگی برج‌های هلر رابطه مستقیم با اثر رطوبت در وزن مخصوص هوا و اثر رطوبت در انتالپی آن دارد. در ادامه خواهیم دید که رطوبت از سویی سبب کاهش وزن مخصوص هوا و از طرف دیگر سبب افزایش انتالپی آن خواهد شد و اثر متقابل این دو عامل، در مجموع قدرت خنک کنندگی هوا را در حدی بسیار کم افزایش خواهد داد. قبل از اینکه به روابط ترمودینامیکی بپردازیم بهتر است جدول مشخصات ترمودینامیکی هوا را برای دامنه کاربردهای معمول داشته باشیم.

۲-۱-محاسبه جرم مخصوص هوای مرطوب

نسبت رطوبت (Humidity Ratio) برای هوای مرطوب برابراست با نسبت جرم بخار آب m_v به جرم هوای خشک m_{da} ، یعنی:

$$w = \frac{m_v}{m_{da}} \qquad (۲)$$

رطوبت نسبی (Relative Humidity) برابراست با نسبت سهم مول بخار آب x_v در مخلوط گازی به سهم مول بخار آب در یک مخلوط اشباع با همان دما و فشار x_{vs}، یعنی:

$$\emptyset = \left[\frac{x_v}{x_{vs}}\right]_{t,p} \qquad (۳)$$

در هوای مرطوب بعنوان یک گاز کامل سهم مول بخار آب برابر با نسبت فشار جزیی بخار آب به فشار هوای مرطوب، $x_v = \frac{P_v}{P}$ است پس می‌توان نوشت:

$$\emptyset = \frac{x_v}{x_{vs}} = \frac{P_v/P}{P_{vs}/P} = \frac{P_v}{P_{vs}} \rightarrow \qquad (۴)$$
$$P_v = \emptyset P_{vs}$$

همانگونه که می‌دانید دمای هوای خشک وبخار آب در مخلوط هوای مرطوب همانند هستند پس می‌توان صورت و مخرج کسر بالا را بر R_vT تقسیم کرد.

$$\emptyset = \frac{P_v/R_vT}{P_{vs}/R_vT} = \left[\frac{\rho_v}{\rho_{vs}}\right]_{t,P} \qquad (۵)$$

که ρ_{vs} و ρ_v اشاره دارند بر دانسیته رطوبت مطلق بخار آب (جرم آب بر واحد حجم مخلوط) در شرایط اشباع و غیر اشباع. مقدار ρ_{vs} بر اساس دما یا فشار جزیی بخار آب، از جداول بخار بدست می‌آید. براساس روابط گازهای کامل می‌توان رابطه بین رطوبت نسبی $\emptyset$ و نسبت رطوبت w را بدست آورد:

$$w = \frac{m_v}{m_{da}} = \frac{\left[\frac{P_vVM_v}{RT}\right]}{\left[\frac{P_{da}VM_{da}}{RT}\right]} = \qquad (۶)$$
$$\frac{18.016}{28.965}\frac{P_v}{P_{da}} = 0.6219\frac{P_v}{P_{da}}$$

ازقرار دادن مقدار $P_v = \emptyset P_{vs}$ در رابطه بالا خواهیم داشت:

جدول (۱): جدول مشخصات ترمودینامیکی بخار آب

دما، (°C)	فشار، (kPa)	حجم ویژه، (m^3/kg)		انتالپی، (kJ/kg)		
T	P	مایع اشباع vf	بخار اشباع vg	مایع اشباع hf	بخار hfg	بخار اشباع hg
0.01	0.6113	0.001000	206.132	0.00	2501.3	2501.3
5	0.8721	0.001000	147.118	20.98	2489.6	2510.5
10	1.2276	0.001000	106.377	41.99	2477.7	2519.7
15	1.7051	0.001001	77.925	62.98	2465.9	2528.9
20	2.3385	0.001002	57.790	83.94	2454.1	2538.1
25	3.1691	0.001003	43.359	104.87	2442.3	2547.2
30	4.2461	0.001004	32.893	125.77	2430.5	2556.2
35	5.6280	0.001006	25.216	146.66	2418.6	2565.3
40	7.3837	0.001008	19.523	167.54	2406.7	2574.3
45	9.5934	0.001010	15.258	188.42	2394.8	2583.2
50	12.350	0.001012	12.032	209.31	2382.7	2592.1

$$w = 0.6219\emptyset\frac{P_{vs}}{P_{da}} = 0.6219\emptyset\frac{P_{vs}}{P-\emptyset P_{vs}} \qquad (۷)$$

دانسیته هوای خشک و بخار آب را می‌توان از رابطه Clapeyron و توجه به قانون دالتون بصورت زیر بدست آورد:

$$\rho_{da} = \frac{P-P_{vs}}{R_{da}T}$$

$$\rho_v = \frac{P_v}{R_vT} = \frac{P_v}{(R_{da}/0.6219)T} = \frac{0.6219P_v}{R_{da}T} \qquad (۸)$$

از جمع دو مقدار بالا جرم ویژه هوای مرطوب بدست خواهد آمد:

$$\rho = \frac{P}{R_{da}T}\left(1-\frac{0.3781P_v}{P}\right) \qquad (۹)$$

فشار هوا در دمای 25°C برابر با 101325 Pa بوده و رابطه بالا را میتوان برحسب رطوبت نسبی و فشار بخار آب اشباع هم نوشت:

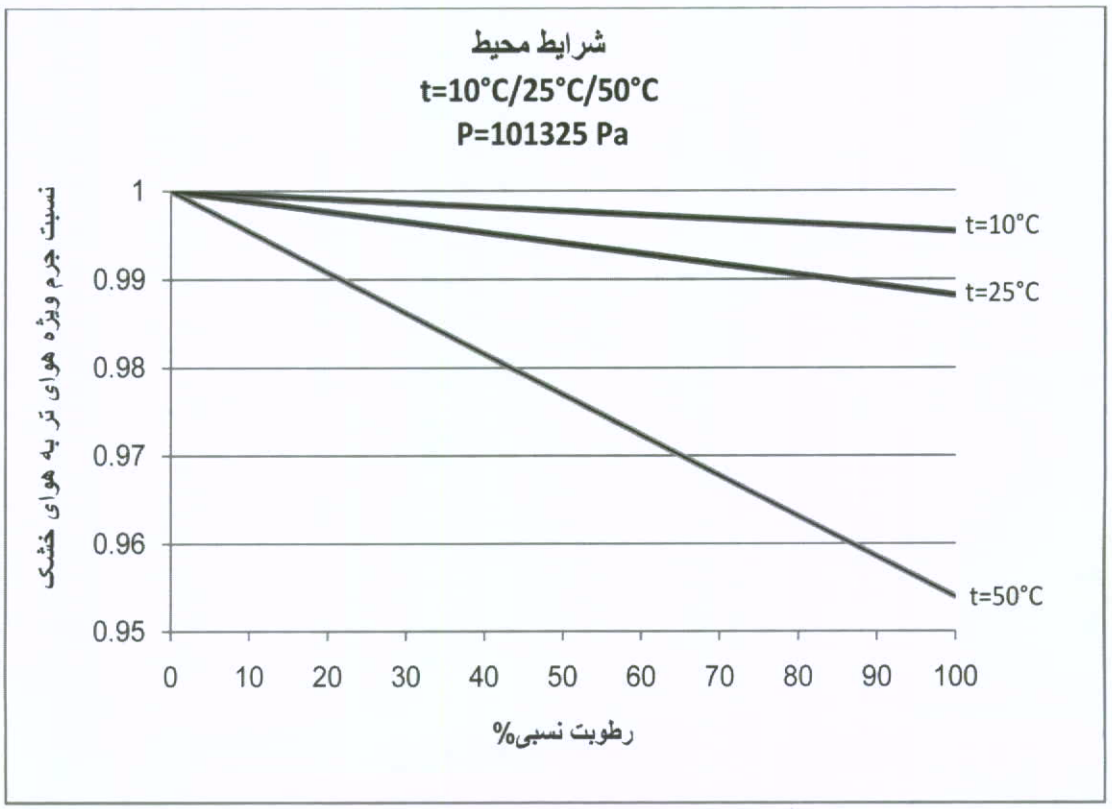
$$\rho = \frac{P}{R_{da}T}\left(1-\frac{0.3781\emptyset P_{vs}}{P}\right) \qquad (۱۰)$$

همانگونه که دیده می‌شود عبارت داخل پرانتز کوچکتر از یک است و بنابر این، اگر هوا دارای بخار آب باشد، دانسیته آن نسبت به هوای خشک بمقدار $\frac{0.3781\emptyset P_{vs}}{R_{da}T}$ کاهش خواهد یافت.

به بیان دیگر نسبت جرم ویژه هوای تر به هوای خشک از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\rho_{ha}}{\rho_{da}}\% = 100\left(1-\frac{0.3781\emptyset P_{vs}}{P}\right) \qquad (۱۱)$$

میزان این افزایش جرم ویژه نسبت به تغییرات رطوبت نسبی و در فشار اتمسفر و چند دمای مختلف در شکل (۱) نشان داده شده است:



شکل (۱) : اثر رطوبت نسبی روی جرم ویژه هوا

در شکل (۲) ملاحظه می‌گردد که در هر دمایی با افزایش رطوبت نسبی، جرم ویژه هوا کاهش خواهد یافت. بعلاوه، هر چه هوا گرمتر باشد، اثر رطوبت نسبی در کاهش جرم ویژه هوا بیشتر است. با اینهمه، هوای اشباع در 50°C نسبت به هوای خشک در همین دما کاهش جرم ویژه‌ای در حدود 4.6% دارد. این کاهش برای هوای اشباع در 25°C کمتر و در حد 1.12% و در شرایط محیطی معمول (دمای 40°C و رطوبت نسبی 70%) کاهش جرم ویژه هوای مرطوب با هوای خشک تقریباً 2% است. بهمین دلیل در بسیاری از محاسبات از این اختلاف چشم پوشی می‌شود.

۲-۲- محاسبه انتالپی هوای مرطوب

در برج هلر هوای مرطوب از روی دلتاهای آلومینیومی‌حاوی آب گرم عبور کرده و آب دمین را خنک می‌نماید. همواره محاسبه انتالپی از یک نقطه مبنا انجام میگیرد، و برای آب وهوا این نقطه دارای دمای $t_0 = 0°C$ و فشار $P_0 = 610.8\ Pa$ است. در دمای t و فشار P انتالپی بخار آب از برابری زیر بدست می‌آید:

$$h_v = h_{vaporization}(@0°C) + \int_{t_0}^{t} C_P^V dt + \int_{P_0}^{P} \left(\frac{\partial h_v}{\partial P}\right)_T dP \qquad (۱۲)$$

که عبارت $h_{vaporization}(@0°C)$ گرمای نهان تبخیر آب و C_P^V ظرفیت گرمایی بخار آب است. آخرین عبارت سمت راست مربوط است به تغییر انتالپی نسبت به افزایش فشار در شرایط ایزوترم. چون بخار آب در اینجا رفتار گازهای کامل را داشته و ظرفیت گرمایی و انتالپی چنین گازهایی به فشار وابسته نیست، این عبارت صفر خواهد بود. افزون براین، در دامنه تغییرات دمای محیطی مقدار ظرفیت گرمایی تقریباً ثابت است (1.93 kJ/kg.°K) پس برابری بالا را می‌توان بصورت ساده تر زیر نوشت:

$$h_v = 2501 + 1.93t \qquad (۱۳)$$

توجه نمایید که مقدار گرمای نهان تبخیر، $h_{vaporization}(0°C)$ برابر با 2501 kJ/kg است.

از دیگر سو، هوای خشک نیز در تمامی‌شرایط جوی مختلف بصورت گاز بوده و با تقریب خوبی خواص گازکامل را دارد. مقدار ظرفیت گرمایی هوای خشک C_{da}، در فواصل تغییرات دمای معمول تقریباً ثابت و برابر با 1 kJ/kg.°K است.

بنابراین انتالپی هوای خشک از رابطه زیر بدست میآید:

$$h_{da} = C_{da}t \ , \ @P_0 \rightarrow h_{da} = t\ [kJ/kg] \qquad (۱۴)$$

که C_{da} ظرفیت گرمایی هوای خشک و t دمای هوا بر پایه کلوین است.

بنابراین، انتالپی (1+w) کیلو هوای مرطوب برابر است با جمع برابری های (13)و (14)

$$h_{ha} = t + w(2501 + 1.93t) = 2501w + t(1 + 1.93w) \qquad (۱۵)$$

تغییرات انتالپی یک کیلو هوای مرطوب در گرم شدن از دمای t_1 به t_2 برابر است با:

$$\Delta h_{ha} = h_2 - h_1 = (t_2 - t_1)(1 + 1.93w)/(1+w) \qquad (۱۶)$$

تغییرات انتالپی یک کیلو هوای خشک (w=0) در گرم شدن از دمای t_1 به t_2 برابر است با:

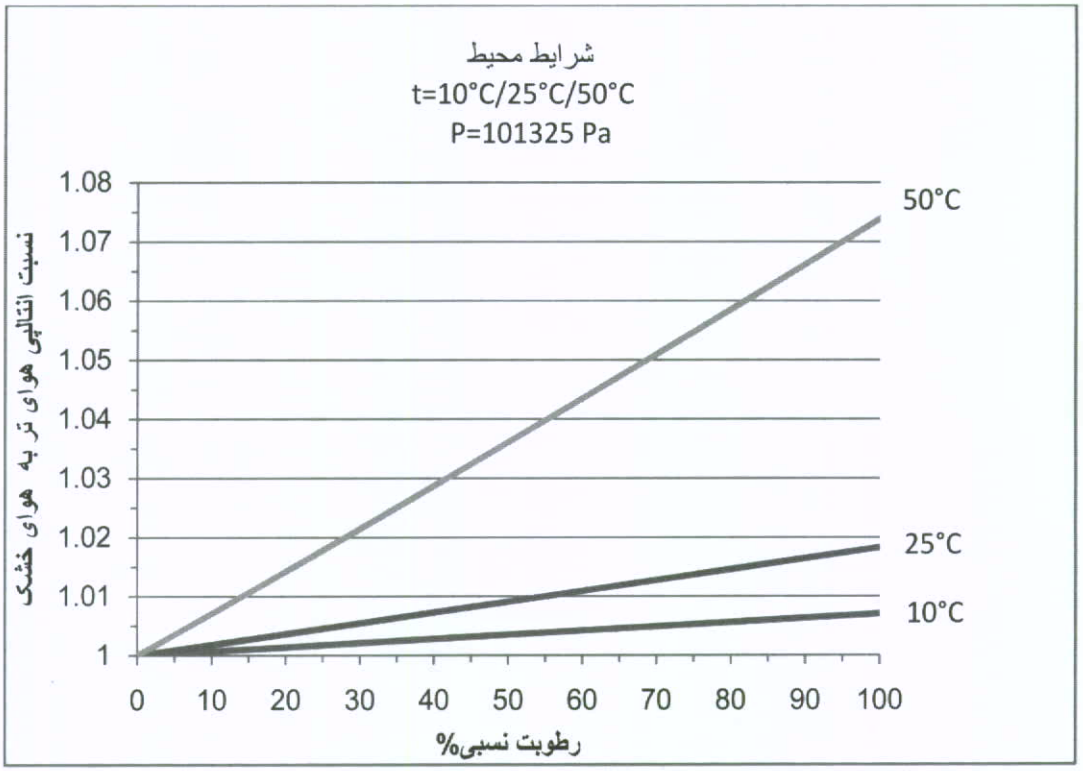
$$\Delta h_{da} = (t_2 - t_1) \qquad (۱۷)$$

بنابراین، نسبت انتالپی هوای مرطوب به هوای خشک برابر با مقدار $(1 + 1.93w)/(1+w)$ است. با استفاده از برابری (7)، و قرار دادن آن در رابطه بالا خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta h_{ha}}{\Delta h_{da}} = (1 + 1.93x0.6219\emptyset\frac{P_{vs}}{P-\emptyset P_{vs}})/(1 + 0.6219\emptyset\frac{P_{vs}}{P-\emptyset P_{vs}})$$

$$\frac{\Delta h_{ha}}{\Delta h_{da}} = (1 + \frac{0.5784\emptyset P_{vs}}{P-0.3781\emptyset P_{vs}}) \qquad (۱۸)$$

میزان این افزایش انتالپی نسبت به تغییرات رطوبت نسبی و در فشار اتمسفر و چند دمای مختلف در شکل (۲) نشان داده شده است:



شکل(۲) : اثر رطوبت نسبی روی انتالپی هوا

همانگونه که از منحنی های بالا روشن است، در دماهای گوناگون افزایش رطوبت نسبی سبب افزایش انتالپی هوا خواهد شد. در ضمن هرچه هوا گرمتر باشد تاثیر رطوبت نسبی در این افزایش انتالپی بیشتر است. با اینهمه، این افزایش بسیار جزیی است. برای نمونه بیشترین افزایش مربوط است به هوایی با دمای 50°C که در رطوبت نسبی 100% انتالپی آن نسبت به هوای خشک در همین دما در حدود 7.4% است. این افزایش در دمای 25°C و رطوبت نسبی 100% در حد 1.83% است. . در شرایط محیطی معمول(دمای 40°C و رطوبت نسبی 70%) این اختلاف 3.0% است.

۲-۳- حرارت قابل جذب هوای مرطوب

بکمک روابط (۱۱) و (۱۸) مقدار حرارت قابل جذب یک واحد جرم هوای مرطوب برابراست با:

$$q_{ha} = \rho_{ha}\Delta h_{ha} = \rho_{da}\Delta h_{da}\left[\left(1 - \frac{0.3781\emptyset P_{vs}}{P}\right)\left(1 + \frac{0.5784\emptyset P_{vs}}{P - 0.3781\emptyset P_{vs}}\right)\right] \qquad (۱۹)$$

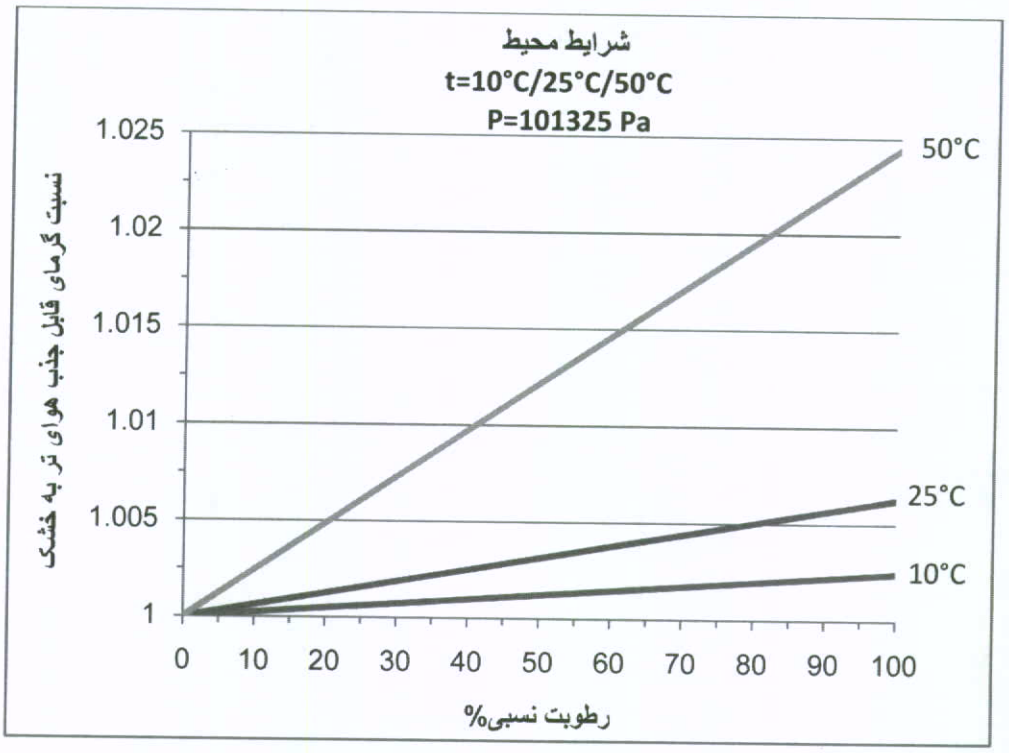
مقدار خارج از کروشه مقدار حرارت قابل جذب هوای خشک است و بنابراین می‌توان نوشت:

$$q_{ha} = q_{da}\left[\left(1 - \frac{0.3781\emptyset P_{vs}}{P}\right)\left(1 + \frac{0.5784\emptyset P_{vs}}{P - 0.3781\emptyset P_{vs}}\right)\right] \qquad (۲۰)$$

بنابراین، نسبت حرارت قابل جذب هوای مرطوب به هوای خشک $\left[\left(1 - \frac{0.3781\emptyset P_{vs}}{P}\right)\left(1 + \frac{0.5784\emptyset P_{vs}}{P - 0.3781\emptyset P_{vs}}\right)\right]$ است.

که بخش اول آن مقدار کاهش جرم ویژه هوا در اثر افزایش رطوبت نسبی را نشان می‌دهد و بخش دوم آن مقدار افزایش انتالپی هوا در اثر افزایش رطوبت نسبی را نشان می‌دهد. بدین ترتیب، حاصلضرب این دو بخش که نسبت حرارت قابل جذب هوای تر به خشک را نشان میدهند می‌تواند اثر افزایش دهنده و کاهش دهنده آنها را تعدیل کند.

میزان تغییرات حرارت قابل جذب هوای مرطوب نسبت به تغییرات رطوبت نسبی و در فشار اتمسفر و چند دمای مختلف در شکل(۳) نشان داده شده است:



شکل (۳) : اثر رطوبت نسبی روی حرارت قابل جذب هوا

با توجه به منحنی بالا، هرچه هوای محیط گرمتر باشد و هرچه رطوبت نسبی بالاتر باشد نسبت حرارت قابل جذب هوای مرطوب به هوای خشک (در آن درجه حرارت) افزایش می‌یابد. در دمای 50°C قابلیت جذب حرارت هوای اشباع به هوای کاملاً خشک در حد 2.5% است. در دماهای کمتر این اختلاف بسیار ناچیز است. برای نمونه، مثلاً در دمای 25°C تفاوت حرارت قابل جذب هوای اشباع به هوای خشک در حد 0.63% است. در شرایط محیطی معمول (دمای 40°C و رطوبت نسبی 70%) این اختلاف 1.0% است. به همین جهت در بسیاری از محاسبات از این اختلاف صرفنظر می‌شود.

۳- نتیجه گیری

در مناطق گرم و خشک طراحان چاره‌ای جز انتخاب ITD های کم ندارند و این عامل تعیین کننده، انتخاب برج خشک را از جنبه اقتصادی در این مناطق منتفی می‌نماید. اما پاسخ به این سئوال که در مناطق گرم و مرطوب آیا همین نتیجه‌گیری را می‌توان نمود؟ زیرا در نگاه نخست، رطوبت همانند آب می‌تواند به جهت جرم ویژه بالا و گرمای نهان خود عامل خنک‌کننده بهتری باشد و این حس شهودی سطحی می‌تواند گمراه کننده باشد. بررسی فوق نشان می‌دهد که رطوبت نسبی در شرایط آب و هوایی ایران در حد یک در صد قدرت خنک کنندگی هوا را افزایش می‌دهد. بی تردید این مقدار آنقدر ناچیز است که می‌توان گفت: در مناطق گرم و مرطوب نیز استفاده از برج‌های خنک کننده هلر توجیه اقتصادی ندارند و بهره گیری از کندانسورهای ACC بهترین گزینه خواهد بود.

مراجع

1. F. Durst, *"Fluid Mechanics, An Introduction to the Theory of Fluid Flows"* Springer,2008
2. Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, *"Fluid Mechanics"* McGraw-Hill, 7th Edition, 1981

3. V. A. Kirillin, V. V. Sychev, and A. E. Sheindlin, *"Engineering Thermodynamics"*, Mir Publisher, 1976
4. A. R. Trott and T. Welch, *"Refrigeration and Air Conditioning"* Butterworth Heinemann, 3rd Edition, 2000

بیوگرافی

آقای محمدعلی‌قانع دارای لیسانس مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی‌شریف و فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک از دانشگاه آزاداسلامی و ۳۰ سال سابقه‌کار می‌باشد که حدود ۲ سال آن در قدس‌نیرو است. آقای مهندس قانع علاوه بر مدیریت چندین پروژه که در سوابق ایشان درج می‌باشد علاقمند به تحقیقات در زمینه بررسی ارتعاشات سیم بکسل دودکشهای مهاری پالایشگاه، تهیه الگوریتم‌های محاسباتی و نرم‌افزار نقاله‌های تسمه‌ای، مدل‌سازی Flexible Screw Conveyors ، ... می‌باشد.

Email: mghane29@gmail.com

بهره برداری بهینه از پساب تصفیه شده فاضلاب شهر کرمان با توجه به ملاحظات زیست محیطی

علی سمیعی

کارشناس ارشد محیط زیست- SBU آب

رامین نیکنام

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی- SBU آب

امیرابراهیم یوسف پور

مدیر گروه آبیاری و زهکشی- SBU آب

کلمات کلیدی: پساب، ملاحظات زیست محیطی، بهره‌برداری بهینه، تصفیه فاضلاب، کرمان

چکیده

افزایش جمعیت، توسعه اقتصادی و گسترش صنعت و در نتیجه استفاده از مواد شیمیایی در انواع مختلف شوینده‌ها و سموم دفع آفات نباتی در کنار تمامی مزایایی که دارد یکی از عمده‌ترین عوامل آلودگی محیط زیست می باشد. در این میان سهم منابع آب از این آلودگی بیش از دیگر منابع حیاتی است و در کنار آن همین آب آلوده یا فاضلاب یکی از مهمترین عوامل آلودگی محیط زیست و منابع آب خواهد بود به همین دلیل با استفاده از علوم مهندسی مدرن، لوله‌های طراحی شده جهت جمع آوری و مجموعه ای بنام تصفیه خانه که حاصل عملیات همزمان آنها حذف آلودگی های شیمیایی و فیزیکی از فاضلاب بوده، آب حاصل شده مورد استفاده طبیعت یا امور صنعتی و کشاورزی خواهد بود. لذا به منظور حفظ محیط زیست، جلوگیری از آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی و شیوع بیماری‌های عفونی و همچنین استفاده از پساب فاضلاب در بخش کشاورزی و ایجاد اشتغال و افزایش درآمدهای منطقه‌ای لازم است بررسی‌هایی صورت پذیرد تا ضمن آن امکان سنجی استفاده از پساب شهر کرمان در بخش‌های مختلف فراهم آید. در این مقاله سعی شده تا با استفاده از آمار و اطلاعات موجود، ضمن مقایسه پساب تصفیه شده خروجی تصفیه خانه شهر کرمان با استانداردهای موجود، بهره‌برداری بهینه که با کمترین مشکلات و مسائل زیست محیطی همراه باشد، معرفی گردد.

۱- مقدمه

در کشور ما افزایش جمعیت شهرها و در نتیجه بالا رفتن میزان مصرف آب سبب تولید روز افزون فاضلاب گردیده است که خود موجب بروز اشکالات و نارسایی‌هایی در جوامع شهری و حتی روستایی کشورمان شده و روز به روز هم در حال ازدیاد است.

این اشکالات عموماً مسایل بهداشتی و آلودگی محیط ، به هم خوردن رابطه‌ی طبیعی بیلان آب و بالا آمدن سطح آبهای زیرزمینی و آلودگی منابع مختلف پذیرنده می‌باشد. بالا آمدن سطح آبهای زیرزمینی در مناطق جنوبی تهران، تبریز، کرمان و شیراز، وجود نیترات بیش از اندازه در آبهای زیرزمینی شهر مشهد و بالاخره آلودگی سبزی کاری در جنوب تهران، بر اثر آبیاری با فاضلابها نمونه‌هایی از این قبیل مسایل هستند که سال به سال حادتر شده و هر چه دیرتر اقدام موثر صورت گیرد مشکلات بزرگتر خواهد بود. از این‌رو به عنوان بخشی از استراتژی ملی برای حفظ سلامتی و محیط زیست و اقتصادی ترین استفاده از منابع آب موجود بایستی با ایجاد تأسیسات لازم برای جمع آوری و تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی روند آلوده‌سازی محیط را به سمت بهبود سوق داد[۷] .

اولویت استفاده مجدد از فاضلاب در ایران بیشتر در آبیاری اراضی کشاورزی است. دراین‌رابطه بسیاری از محققان

زحمات زیادی متحمل شده و آثاری بعنوان مرجع جهت موضوع امکان استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه را به‌منظور آبیاری اراضی‌کشاورزی نتیجه‌گیری نموده‌اند [۴] [۵] [۶].

استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده جهت مصارف صنعتی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته بکار رفته است. در مصارف صنعتی کیفیت پساب تصفیه شده به نوع صنعت بستگی داشته و کیفیت شیمیایی فاضلاب تصفیه شده به عنوان مهمترین عامل محسوب می‌گردد. با این وجود فاضلاب تصفیه شده برای بسیاری از اهداف صنعتی بدلیل مورد نیاز نبودن کیفیت بالا ایده‌آل می‌باشد. بسته به نوع صنعت آب تصفیه شده می‌تواند بعنوان سیستم خنک کننده، سیستم بخار آب و سایر فرآیندهای آبی مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه، کیفیت آب مورد نیاز برای سیستم خنک کننده بسیار پایین‌تر از سایر مصارف صنعتی است. در حال‌حاضر در اغلب کشورهای صنعتی دنیا حدود ۱۷ درصد آب مصرفی دیگ‌های بخار و ۶۶ درصد آب‌خنک‌کننده‌های نیروگاهها را پساب تصفیه شده تشکیل می‌دهد [۹].

۲- مواد و روش‌ها

هدف از این پژوهش مقایسه ویژگی‌های فاضلاب تصفیه شده شهر کرمان با استانداردهای ملی و بین‌المللی موجود جهت استفاده در مصارف مختلف از جمله کشاورزی، صنعت، تفرج و تغذیه آب زیرزمینی است.

۲-۱- ویژگی‌های منطقه

شهر کرمان با متوسط درجه حرارت سالانه ۱۵/۵ درجه سانتیگراد و میانگین بارش سالانه ۱۴۶/۵ میلی‌متر به دلیل قرارگرفتن در کمربند خشک دنیا تحت تاثیر کمبود بارش، تغییرات دما و نوسانات شدید آن بوده است. جمعیت تحت پوشش این شهر براساس سرشماری سال ۱۳۸۵، برابر با ۵۱۵۱۱۴ نفر بوده است که تا سال افق طرح ۱۴۰۵این جمعیت به۸۷۵۰۰۰ نفر پیش‌بینی می‌گردد. براساس اظهارات مدیرعامل آب و فاضلاب کرمان میزان سرانه مصرفی این شهر نزدیک ۲۰۰ لیتر است. بنابراین میزان مصرف سالیانه این شهر حدود ۶۴ میلیون مترمکعب می‌باشد. با در نظرگرفتن ضریب تبدیل آب به فاضلاب ۰.۷۵ مقدار فاضلاب سالیانه تولیدی شهر کرمان حدود ۴۸ میلیون مترمکعب برآورد می‌گردد.

۲-۲- مشخصات طرح تصفیه فاضلاب

انتقال فاضلاب در شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر کرمان توسط دو خط موازی از آخرین نقطه شبکه (ایستگاه بالابر فاضلاب) در امتداد جاده زنگی آباد انجام می‌گیرد. فرآیند تصفیه در این طرح لجن فعال است. تصفیه‌خانه فاضلاب شهر شامل ۵ مدول که جمعیت تحت پوشش دو مدول هر یک ۷۵۰۰۰ نفر و جمعیت تحت پوشش سه مدول باقیمانده هر یک ۱۸۵۰۰۰ نفر می‌باشد. همچنین دبی متوسط تصفیه‌خانه ۱۰۵۰۰۰ مترمکعب در روز می باشد. در حال‌حاضر از مدول اول با جمعیت ۷۵۰۰۰ نفر و ظرفیت ۱۸۰ لیتر بر ثانیه بهره‌برداری می‌گردد. در جدول شماره (۱) مشخصات پساب تصفیه شده خروجی مدول اول این تصفیه‌خانه ارایه شده است.

۲-۳- روش بررسی

در این مقاله خصوصیات فاضلاب شهر کرمان براساس طرح شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهر مورد بررسی قرار گرفته و جهت استفاده در مصارف مختلف از قبیل کشاورزی، صنعتی، تفرج و تغذیه به آب زیرزمینی با استانداردهای ملی و بین‌المللی موجود به ترتیب ذیل مورد مقایسه قرارگرفته است.

۲-۳-۱- استفاده در کشاورزی

در جدول شماره (۲) درجه تصفیه لازم برای فاضلاب‌های شهری جهت استفاده در آبیاری براساس راهنمای تهیه شده آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۴ ارائه شده است.

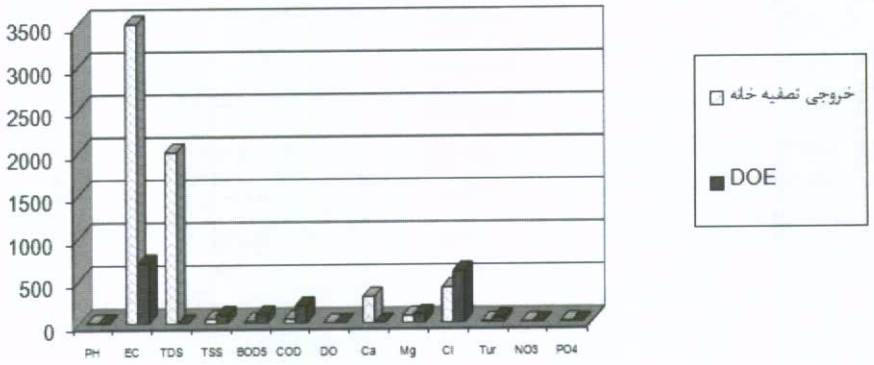
همچنین در نمودارهای شماره (۱) الی (۴)، پارامترهای خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان به ترتیب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران(IRNDOE)، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S. EPA)، سازمان بهداشت جهانی(WHO)و سازمان خواربار جهانی(FAO)که در جدول(۱) ارائه شده است، مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول (۱): مقایسه مشخصات پساب تصفیه شده خروجی تصفیه‌خانه شهر کرمان با استانداردها[۲]

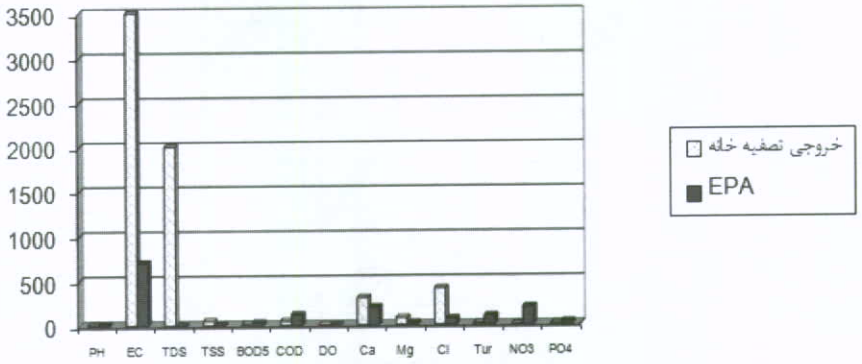
پارامتر	واحد	خروجی تصفیه‌خانه	استاندارد FAO	استاندارد WHO	استاندارد EPA	استاندارد محیط زیست ایران DOE
PH	----	۷/۶	۸-۶/۵	۸/۵-۶	۸/۴-۶/۵	۸/۵-۶
EC	Ds/m	۳/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۷	-
TDS	Mg/l	۲۰۰۰	۴۵۰	۴۵۰	-	-
TSS	Mg/l	۵۰	-	-	۵	۱۰۰
BOD_5	Mg/l	۲۱	-	-	۳۰	۱۰۰
COD	Mg/l	۴۵	-	-	۱۲۰	۲۰۰
DO	Mg/l	۱	-	-	-	۲
Ca^{++}	Mg/l	۳۰۴/۸	۴۰۰	-	۲۰۰	-
Mg^{++}	Mg/l	۷۹/۴	۶۱	-	۲۵	۱۰۰
Cl^-	Mg/l	۴۰۹	۱۴۲	۱۰۶	۱۰۰	۶۰۰
Turbidity	NTU	۱۱/۵	-	-	۲	۵۰
Total Coliform	MPN/100 ml	۱۵۰۰۰۰	-	۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰
NO^-_3	Mg/l	۴/۶۴	۵	۵	۳۰	-
PO^{3-}_4	Mg/l	۷/۶	-	-	۱۰	-

جدول (۲): معیارهای تصفیه فاضلاب جهت استفاده در آبیاری [9]

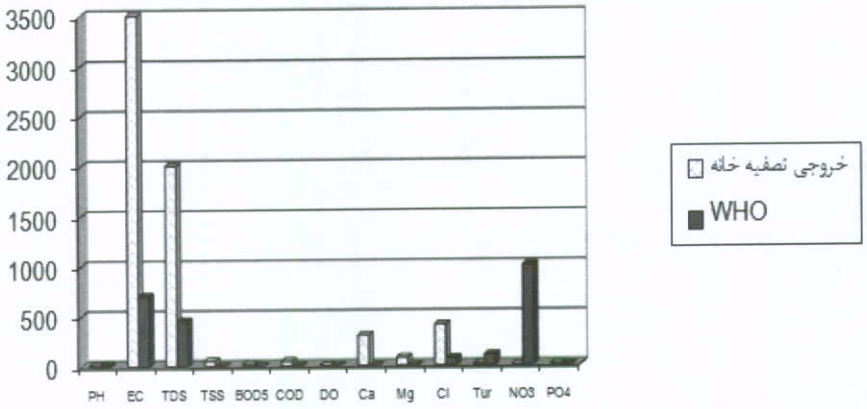
نوع استفاده مجدد پساب	نوع تصفیه	کیفیت آب
آبیاری مناطق عمومی: • پارک ها • گورستان ها • زمین های گلف • سایر زمین های دارای دسترسی عمومی آبیاری کشاورزی برای: • محصولات غذایی که به صورت تجاری فرآوری نمیشوند • هر محصولی که به صورت خام مصرف میشود	تصفیه ثانویه، فیلتراسیون و گندزدایی	• pH 6-9 • <= 10mg/L BOD • <= 2 NTU • 0 = fecal coliforms/100mL • باقیمانده کلر حداقل ۱ mg/l
آبیاری مناطق دارای دسترسی محدود: • چمنزارها • جنگل • سایر نواحی با دسترسی محدود یا بدون دسترسی عمومی آبیاری کشاورزی برای: • محصولات غذایی که به صورت تجاری فرآوری می شوند • محصولات غیر خوراکی و مراتع	تصفیه ثانویه و گندزدایی	• pH 6-9 • <= 30mg/L BOD • <= 30mg/L TSS • <= 200fecal coliforms/100mL • باقیمانده کلر حداقل ۱ mg/l



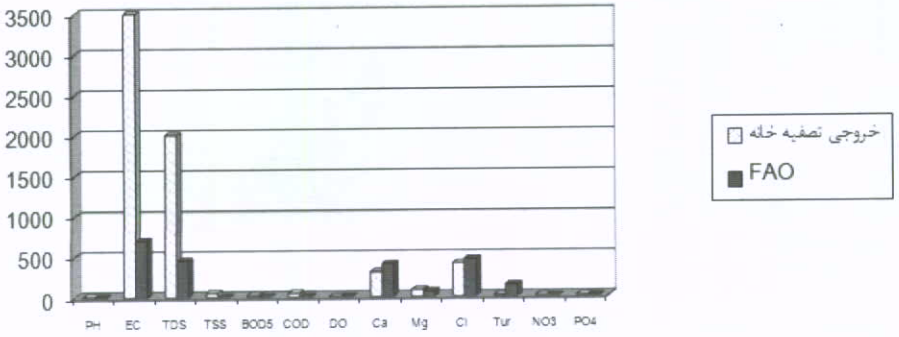
نمودار (۱): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استانداردDOE(مصارف آبیاری)



نمودار (۲): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد EPA(مصارف آبیاری)



نمودار (۳): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد WHO(مصارف آبیاری)



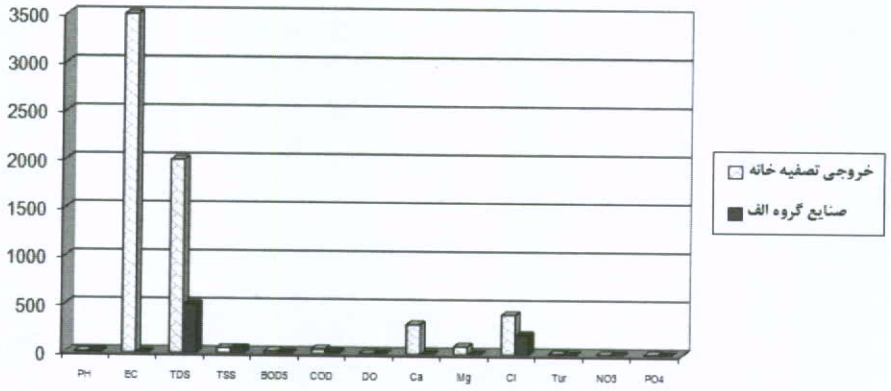
نمودار (۴): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد FAO(مصارف آبیاری)

۲-۳-۲- استفاده در صنعت

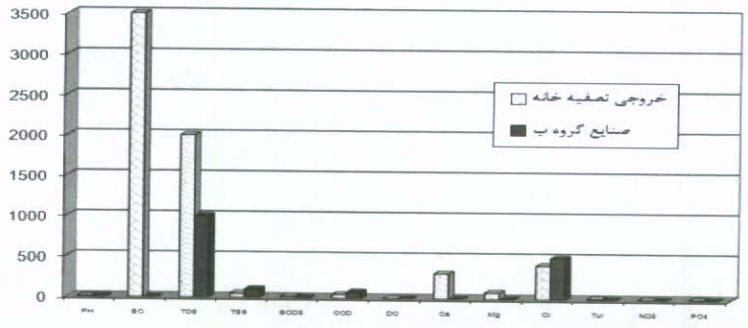
پیش نویس استاندارد ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها، نشریه شماره ۳۴۵-الف، که در جدول شماره (۳) ارائه گردیده است، آب‌های خام را در سه گروه الف، ب وج تقسیم‌بندی نموده است.در نمودارهای شماره (۵) الی (۷) مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان با استاندارد ضوابط زیست محیطی جهت مصرف صنایع(گروه الف، ب و ج) نشان داده شده است.

جدول (۳): استاندارد پیشنهادی برای مصارف صنعتی از پسابها و آبهای برگشتی [۳]

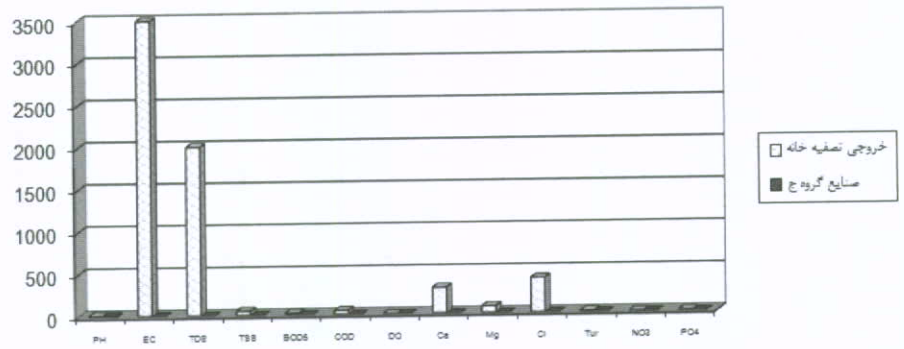
شاخص (mg/l)	گروه الف	گروه ب	گروه ج
pH	۶-۹	۶-۹	۶-۹
COD	<۲۰	<۷۵	>۷۵
سختی	<۲۵۰	<۵۰۰	>۵۰۰
قلیاییت	<۱۵۰	<۵۰۰	>۵۰۰
سولفات	<۲۵۰	<۵۰۰	>۵۰۰
مواد معلق	<۵۰	<۱۰۰	>۱۰۰
TDS	<۵۰۰	<۱۰۰۰	>۱۰۰۰
کلراید	<۲۰۰	<۵۰۰	>۵۰۰



نمودار (۵): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد DOE(صنایع گروه الف)



نمودار(۶): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد DOE (صنایع گروه ب)



نمودار(۷): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استانداردDOE (صنایع گروه ج)

۲-۳-۳- استفاده در تفرج

برای استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه شهرکرمان در مصارف تفرجی، از پیش نویس استاندارد ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها، نشریه شماره ۳۴۵-الف، که در جدول شماره (۴) ارائه گردید، استفاده شده است. لازم به ذکر است بر اساس توصیه‌های استاندارد، محدوده مشخص شده برای هر پارامتر، محدوده بی خطر نمی باشد ولی احتمال ابتلا به بیماری در این محدوده کمتر است.

۲-۳-۴- استفاده در منابع آب زیرزمینی (تغذیه مصنوعی)

در زمینه استفاده از پساب فاضلاب تصفیه‌خانه شهر کرمان در تغذیه مصنوعی از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست که در جدول شماره (۵) ارائه گردید، استفاده شد.

با توجه به اینکه شرایط و عملکرد خاک‌های مناطق مختلف در پالایش فاضلاب و بهبود کیفی آن متفاوت بوده و علیرغم تاثیر مثبت در کیفیت پساب و کاهش بعضی پارامترها مانند عوامل میکروبی، موادآلی، فلزات سنگین و....، تاثیر مثبتی در کاهش شوری ندارد.

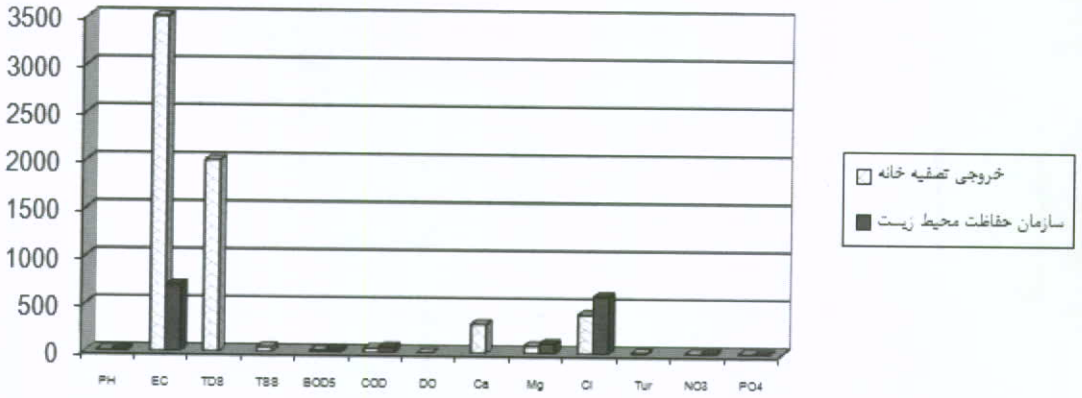
در نمودار شماره (۸) مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمان با استاندارد سازمان محیط زیست ایران جهت تغذیه آب زیرزمینی ارائه شده است.

جدول (۴): استاندارد پیشنهادی برای مصارف تفرجی از پسابها و آبهای برگشتی[۳]

	شاخص های عددی	کلیفرم کل (تعداد/۱۰۰ml)	کلیفرم مدفوعی (تعداد/۱۰۰ml)	اشرشیاکلی (تعداد/۱۰۰ml)	انتراکوکی (تعداد/۱۰۰ml)	DO	pH
نوع تفرج	مستقیم (میانگین هندسی)	۲۰۰۰	۴۰۰	۲۰۰	۵۰	>=۵	۶-۹
	مستقیم (حداکثر)	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۶۰۰	۲۰۰		
	غیرمستقیم (میانگین هندسی)	۵۰۰۰	۲۰۰۰	۶۰۰	۲۰۰		
	غیرمستقیم (حداکثر)	۱۰۰۰۰	۴۰۰۰	۱۲۰۰	۴۰۰		
تبصره: میزان جلبک نباید در حدی باشد که باعث تغییر رنگ آب گردد و همچنین میزان جلبک های شناور در آب نباید زیاد باشد (کمتراز ۱۰ میکروگرم بر لیتر کلروفیل‌a)، آب باید عاری از مزه و بو و شرایط آزاردهنده باشد. آب باید عاری از جامدات، مواد شناور معلق، کف، لایه روغن و لجن باشد.							

جدول (۵): استاندارد پیشنهادی برای دفع پساب ها و آبهای برگشتی به آبهای سطحی و چاه جاذب [۱]

ردیف	مواد آلاینده	تخلیه به چاه جاذب(mg/l)	ردیف	مواد آلاینده	تخلیه به چاه جاذب(mg/l)
۱	کلراید	۶۰۰	۶	BOD	۳۰ (لحظه ای ۵۰)
۲	منیزیم	۱۰۰	۷	COD	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)
۳	نیترات بر حسب نیترات	۱۰	۸	مجموع مواد جامد محلول	
۴	فسفات بر حسب فسفر	۶	۹	pH (حدود)	۵-۹
۵	سولفات	۴۰۰	۱۰	کل کلیفرم (تعداد در ۱۰۰۰ میلی لیتر)	۱۰۰۰



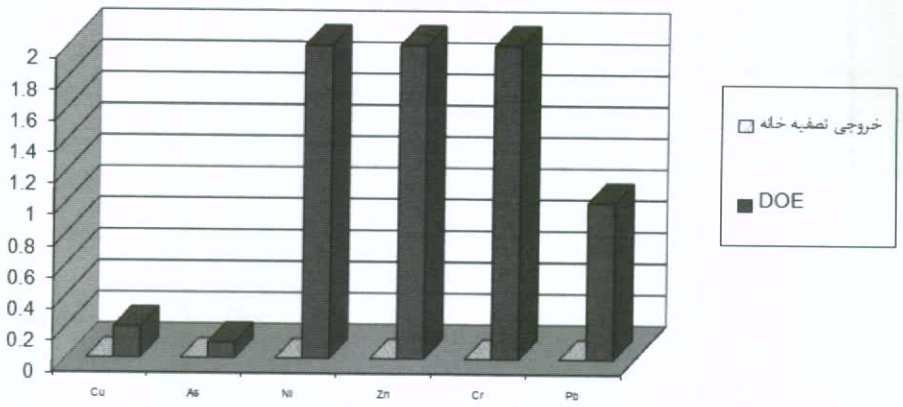
نمودار(۸): مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب کرمان با استاندارد سازمان محیط زیست ایران جهت تغذیه آب زیر زمینی

۳- بحث و نتیجه گیری

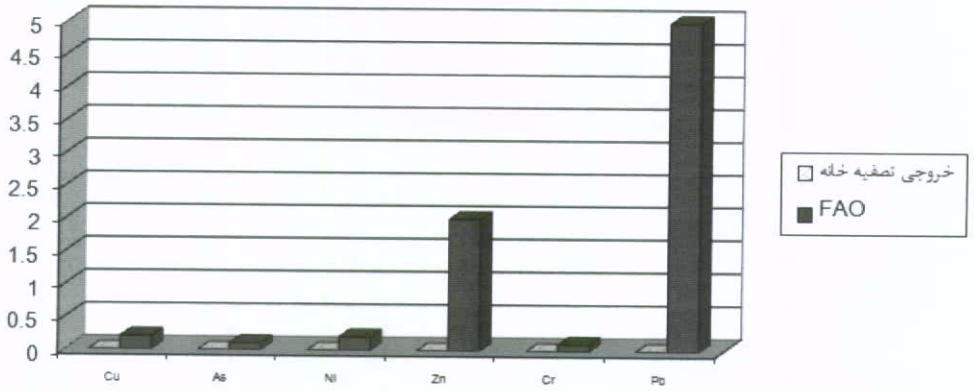
۳-۱- نتیجه گیری استفاده در کشاورزی

مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور جهت مصارف آبیاری که در نمودار شماره (۱) ارائه شده است بیانگر آن است که به دلیل بالابودن میزان EC نسبت به استاندارد آن جهت مصارف کشاورزی و آبیاری، استفاده از آن با محدودیت نوع کشت روبرو می‌شود و بنابراین در کشتهایی که به شوری آب آبیاری حساسیت کمتری دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین میزان کلیفرم کل در خروجی فاضلاب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست میزان بیشتری را نشان می‌دهد که نوع کشت را به ویژه برای گیاهانی که به صورت خام خورده می‌شوند محدود می‌نماید و اصولاً برای کشت محصولاتی که بصورت خام خورده می‌شوند، توصیه نمی‌شود. با توجه به نمودارهای شماره (۹) الی (۱۲)، مقایسه پارامترهای فلزات سنگین موجود در فاضلاب تصفیه شده شهر کرمان نظیر Cu, As, Zn, Pb و Cr با استانداردهای ملی و بین‌المللی حاکی از زیر حد استاندارد بودن این عناصر در فاضلاب تصفیه شده است و از نظر استفاده در کشاورزی مشکلی وجود ندارد.

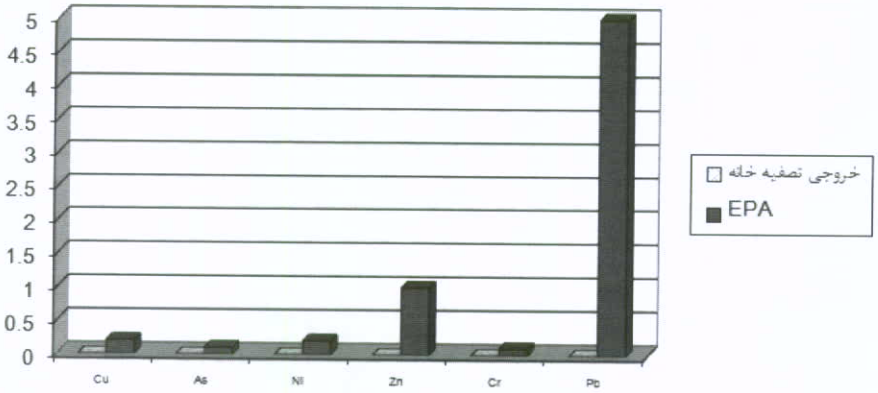
مقایسه میزان پارامترهای خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمان با استانداردهای (WHO)، (EPA) و FAO نیز نشان می‌دهد که فاضلاب تصفیه شده به دلیل بالابودن میزان EC، کلر آزاد و کلیفرم کل با محدودیت نوع کشت روبرو می‌گردد. از این‌رو گیاهان مناسب کشت به صورت ذیل پیشنهاد می‌گردند:



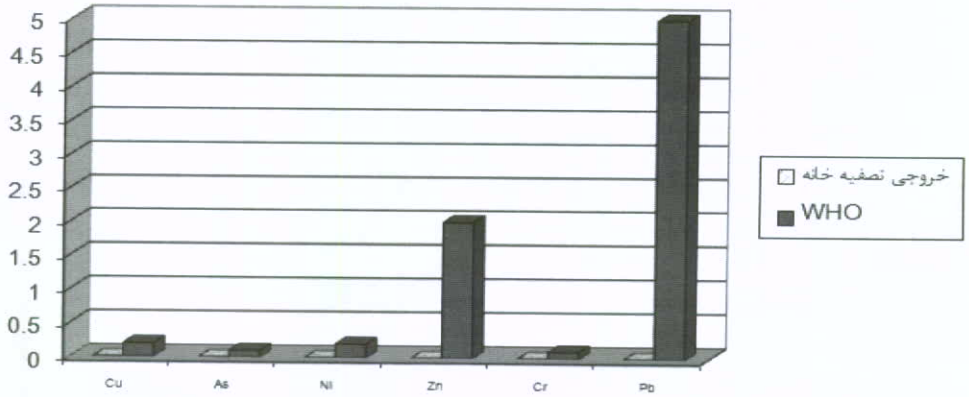
نمودار(۹): مقایسه فلزات سنگین خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد سازمان محیط زیست ایران جهت آبیاری



نمودار(۱۰): مقایسه فلزات سنگین خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استاندارد FAO جهت آبیاری



نمودار(۱۱): مقایسه فلزات سنگین خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استانداردِ EPA جهت آبیاری



نمودار(۱۲): مقایسه فلزات سنگین خروجی تصفیه خانه فاضلاب کرمان با استانداردِ WHOجهت آبیاری

الف-گروه غلات : در خصوص کشت محصولات دانه ای که مستقیما مورد استفاده قرار نمی گیرند مثل گندم و جو و بویژه جـو (بـه دلیـل مقاومـت بیشـتر در مقابـل شوری) محدودیتی وجود ندارد لـیکن ذرت و سـورگوم که مستقیما به مصرف دام می رسند توصیه نمی شوند.

ب- گروه حبوبات : شرایط مشابه گندم و جو را داشـته و قابل کشت هستند به ویژه حبوباتی کـه بـه شـوری و زیادی سـدیم در آب آبیـاری حساسـیتی نداشـته و یـا حساسیت کمتر ی دارند.

ج- نباتات علوفه ای: نباتات مصرف مستقیم آن توسـط انسان و دام چه بصورت تر وخشک توصیه نمی شوند.

د- نباتات صـنعتی: درکشـت نباتـات غـده ای صـنعتی مانند چغندر به علت تماس با خاک محـدودیت داشـته ولی کشت گیاهانی نظیر روناس و پنبه کـه بـه شـوری نیز مقاومت دارند محدودیتی وجود ندارد.

هـ- سبزیجات و صیفی جات: این نوع محصولات عمدتاً توصیه نمی گردنـد چـون از قابلیـت مصـرف مسـتقیم توسط انسان و دام برخوردار هستند.

و- باغات: این نباتـات بـیش از سـایر محصـولات قابـل توصیه هستند لیکن میوه‌جاتی که بـه صـورت تـازه بـه مصرف می رسند بـه دلیـل احتمـال تمـاس بـا خـاک پیشـنهاد نمـی شـود. بنـابراین درختـان مثمـر کـه محصولات آنها به صورت خشکبار مصـرف مـی شـوند، مانند بادام و پسته را می توان پیشنهاد نمود.از درختان چوبده نظیر کاج، سرو، افـرا، بلـوط و پـده نیـز قابلیـت استفاده از فاضـلاب تصـفیه شـده شـهر کرمـان را دارا می‌باشند.

با توجه بـه جمیـع جهـاتی کـه عنـوان شـد بـا وجـود محدودیتهایی که برای استفاده از فاضلاب تصفیه شـده وجود دارد، هنوز گروه‌هایی از گیاهان قابل کشت وجود دارند. لیکن اثـرات دراز مـدت جـذب میکـرو المانهـای موجود در فاضلاب تصفیه شده از موضوعاتی اسـت کـه لازم است در برنامه‌های دراز مدت تحقیقـاتی مـد نظـر مسـئولین قـرار گیـرد. از ایـن دیـدگاه اولویـت اول بـا درختان چوبده و پس از آن نباتات صنعتی و در درجـه سـوم گیاهـان دانـه ای و درختـان خشـکباری مطـرح هستند.با توجه به شرایط کیفی فاضـلاب تصـفیه شـده شهر کرمان، استفاده از محصـولاتی نظیـر پـده توصـیه می‌گردد، کشت پسته نیز بـه دلیـل تطـابق بـا شـرایط زیست محیطی منطقه قابل توصیه است.

۳-۱-۱- محـدودیتهای کیفـی اسـتفاده از پسـاب تصفیه‌شده شهر کرمان در اراضی کشاورزی

الف- تعیین نهایی کیفیت پساب خروجـی: بـه منظـور بهره‌برداری از پساب تصفیه‌شـده روش عملـی انتخـاب شده اینگونه است که عملیات پالایش فاضلاب تا حدی که مناسب برای کشت بخصوصی باشد انجام گردیـده و حد تصفیه فاضلاب علاوه بر انطبـاق آن اسـتانداردهای مورد عمل سازمان حفاظت محیط‌زیسـت متناسـب بـا نیاز اقتصادی‌ترین محصول قابل کشت باشد.

ب- تفاوت استاندارد: چون اسـتاندارد خروجـی پسـاب تصفیه‌شده طبق استانداردهای مصوب سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه به آبهای سـطحی بـا مصـرف مستقیم آن در کشاورزی متفاوت است، باید توجه نمود که در این مورد در تصفیه‌خانـه فاضـلاب شـهر کرمـان تمهیدات خاصی اعمال گردد.

پ- نوع خاک: مناسبترین زمین در ایـن مـورد زمینـی است که دارای خاکهای شنی- رسی و لومی باشـد و در حالت کلی خاک‌های بـا دانـه‌بنـدی بـین شـن تـا رس مناسب است.

ت- نفوذپذیری خاک: یکی از محـدودیتها نفوذپـذیری کم خاک است که با شخم‌زدن عمیق و کشت محصـول که موجب باقی‌ماندن ریشه گیاهان در خـاک مـی‌شـود نفوذپذیری افزایش می‌یابد.

ث- شیب زمین: تا شیب ۲۰٪ برای اسـتفاده از پسـاب تصفیه‌شده قابل قبول است.

ج- فاصله از اماکن مسکونی: فاصله تا امـاکن مسـکونی هرچه بیشتر باشد بهتر است.

چ- بهداشت محیط: در زمینه بهداشت محیط بایـد بـه بهداشت فردی و بهداشت عمومی توجه خاصل نمود.

۳-۱-۲- مزایای اسـتفاده از پسـاب تصـفیه شـده در اراضـی کشاورزی منطقه کرمان

الف – جبـران کمبـود منـابع آب بـرای کشـاورزی در منطقـه خشک کرمان.

ب – جلوگیری از افت سطح آبهای زیرزمینی.

ج – پاسخگویی بـه رشـد جمعیـت و افـزایش نیازهـا بـه آب شیرین در منطقه.

د – کاهش مصرف کودهای شیمیایی به دلیـل مغـذی بـودن پساب تصفیه شده و بالا بودن هزینه مصـرف کودهـای شیمیایی.

ه – مغذی بودن پسابهای تصفیه شده و تأثیر آن در افزایش تولید و عملکرد محصولات کشاورزی.
و – جلوگیری از آلودگی آب های سطحی.
ز – حفاظت از خاک و بهبود رشد گیاهان و جلوگیری از فرسایش خاک در منطقه.
ح – اشتغال‌زایی و افزایش رشد فرهنگی و اجتماعی.
ط – جلوگیری از مهاجرت روستاییان.
ی – استفاده بهینه از پسابهای تصفیه شده با توجه به بالا بودن هزینه تصفیه فاضلابهای شهری و جبران بخشی از این هزینه‌ها.

۳-۱-۳- ملاحظات زیست محیطی در استفاده از پساب تصفیه شده شهر کرمان

با توجه به شرایط اقلیمی، توپوگرافی و دیگر عوامل زیست محیطی منطقه کرمان توصیه‌های زیر جهت کنترل آلودگیهای ناشی از آبیاری اراضی کشاورزی با پساب تصفیه شده ارائه می‌گردد:

- تعیین خاکهای مناسب از نظر نفوذپذیری، عمق خاک، شیب و بافت خاک.
- جلوگیری از چرای دام مگر آنکه حداقل ۴ هفته از آبیاری با پساب تصفیه شده گذشته باشد.
- محصولات کشت شده بصورت پخته به مصرف برسند.
- پایش زیست محیطی جهت کنترل آلاینده‌های زیست محیطی بخصوص تعداد کلیفرم (۱۰۰۰ عدد در یکصد میلی‌لیتر) موجود در فاضلابهای تصفیه شده بصورت مستمر ضروری است.
- کنترل تماس مستقیم انسان با فاضلابهای تصفیه شده.
- عدم کشت محصولات علوفه‌ای که به مصرف خوراک دام می‌رسد.
- کانالهای آبرسانی فاضلاب‌های تصفیه شده باید سرپوشیده باشد تا حتی‌المقدور از استفاده پرندگان و حیات وحش از آنها جلوگیری گردد.
- تعیین الگوی کشت مناسب با توجه به کیفیت خاک و کیفیت پساب تصفیه شده.
- استفاده از روش آبیاری زیرزمینی (Subsurface Irrigation)، که از این طریق پساب‌های تصفیه شده در عمق ۰/۵ متری زمین پخش می‌شوند و سطح زمین را مرطوب می‌سازد.
- فاصله اراضی تحت آبیاری با پسابهای تصفیه شده تا نزدیکترین منطقه مسکونی می بایست فاصله‌ای مناسب تشخیص داده شود.
- بدلیل آنکه پسابهای تصفیه شده شهر کرمان حاوی فاضلاب‌های تصفیه شده صنعتی نمی‌باشد، نیاز به مراحل پیش تصفیه نمی باشد.
- در صورت اختلاط روان آبهای سطحی شهر کرمان با فاضلابهای شهری مشکلاتی جهت تصفیه ایجاد می‌شود که باید مدنظر و محاسبه گردند.

۳-۲- نتیجه گیری استفاده در صنعت

از جمله پارامترهایی که در استفاده از فاضلاب تصفیه شده در صنایع به عنوان شاخص هستند، می توان به pH، TDS، TSS، COD و کلر اشاره نمود. بررسی و مقایسه ویژگیهای کیفی فاضلاب تصفیه شده کرمان با استاندارد ضوابط زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست و مدیریت نظارت راهبردی ریاست جمهوری که در نمودارهای شماره (۵) الی (۷) ارائه شده است نشان می دهد که فاضلاب تصفیه شده کرمان از بین گروه‌های صنایع الف ، ب و ج که دربند۲-۳-۲ عنوان شدند جزو گروه ج بوده و در مبحث استفاده در صنایع فقط بعنوان سردکننده در خنک کردن دیگهای بخار و آب، مورد نیاز در نیروگاه‌ها قابل توصیه هستند.

۳-۳- نتیجه گیری استفاده در تفرج

با توجه به جداول شماره (۱) و (۴) برای استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر کرمان در مصارف تفرجی تنها پارامترهای کل کلیفرم و pH و Do موجود است. مقایسه این دو پارامتر با مقادیر در نظرگرفته شده در پیش نویس استاندارد ضوابط زیست محیطی نشانگر آن است که در استفاده مستقیم و غیرمستقیم پساب خروجی تصفیه خانه شهر کرمان جهت مصارف تفرجی محدودیت وجود داشته و با توجه به میزان بالای کل کلیفرم و پایین بودن مقدار Do امکان استفاده از آن در مصارف تفرجی و تفریحی وجود ندارد.

۳-۴- نتیجه گیری استفاده در تغذیه آب زیرزمینی

بررسی و مقایسه تغذیه زیرزمینی فاضلاب تصفیه شده کرمان با استانداردهای تخلیه به چاه جاذب سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور که در نمودار شماره (۸) ارائه شده است، نشان می‌دهد که با توجه به شرایط خاک (نوع بافت وکیفیت خاک) لازم است ویژگی‌های خاک در منطقه مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به

ویژگی‌های خاک نسبت به تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی اقدام نمود. بنابراین با توجه به موارد گفته شده استفاده از فاضلاب تصفیه شده کرمان جهت مصارف آبیاری و در مواقعی از سال که امکان آبیاری وجود ندارد، جهت تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی در مکانهایی که نزدیک مناطق شهری نمی‌باشند نیز با توجه به شیب و توپوگرافی زمین می‌تواند کاربرد داشته باشد.

مراجع

[۱] سازمان محیط زیست ایران.(۱۳۷۹). مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست ایران، جلد اول، چاپ سوم.

[۲] کمیته ملی آبیاری و زهکشی.(۱۳۸۵).مروری براستانداردها و تجارب استفاده از پساب ها برای آبیاری،شماره انتشار ۱۰۴.

[۳] معاونت امور آب و آبفا،وزارت نیرو. (۱۳۸۸). ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب های برگشتی و پسابها،نشریه‌شماره۳۴۵-الف.

[۴] پیرصاحب، مقداد، خدادادی، تارخ، شرفی، کیومرث و دوگوهر، کریم.(۱۳۸۸). "امکان سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ مشهد برای آبیاری کشاورزی"، سومین همایش آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، تهران، اسفند ماه.

[۵] خانی، حامد و طاهره، زویا- سماوی.(۱۳۸۸). "استفاده از پساب فاضلاب همدان در توسعه منطقه(با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)"، سومین همایش آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، تهران، اسفندماه.

[۶] شکراله زاده، سهیلا و شکوهی حمیرا.(۱۳۸۸). "بررسی استفاده از پساب یک واحد پتروشیمی در آبیاری فضای سبز"، سومین همایش آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، تهران، اسفندماه.

[۷] حمادی، محمد.(۱۳۸۵). "اثرات زیست محیطی فاضلاب"، دانشنامه علمی، Water94.blogfa.com.

[8] Haering, K.C., et al.(2009). "*Water Reuse: Using Reclaimed Water for Irrigation*", Communication and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University.

[9] Vigneswaran, S. and Sundaravadivel, M.(2004). "*Recycle and Reuse of Domestic Wastewater, in Wastewater Recycle, Reuse and Reclamation*", [Ed. Saravanamuthu (Vigi)Vigneswaran], in Encyclopedia of Life Support System(EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, [http://www.eolss.net]

بیوگرافی

آقای علی‌سمیعی دارای مدرک لیسانس مهندسی‌کشاورزی ازدانشگاه ارومیه و فوق‌لیسانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست ازدانشگاه تهران می‌باشد. ایشان ۱۶سال سابقه‌کار در زمینه محیط‌زیست و همکاری با قدس‌نیرو و دیگر مشاورین بنام دراین زمینه را دارد. زمینه علاقمندی آقای سمیعی کارهای زیست‌محیطی و به خصوص ارزیابی زیست محیطی می‌باشد.

Email: Asamiei@ghods-niroo.com

آقای رامین‌نیکنام دارای مدرک لیسانس مهندسی کشاورزی، گرایش آبیاری از دانشگاه شیراز و فوق لیسانس آبیاری و زهکشی از دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد. ایشان دارای ۶ سال سابقه‌کار بوده که ۵ سال آن در شرکت‌مهندسی‌قدس‌نیرومی‌باشد. زمینه علاقمندی آقای نیکنام مدیریت مصرف انرژی در بخش آبفا، طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، استفاده از پساب تصفیه شده، بررسی کیفی سفره‌های آب زیرزمینی و مدیریت بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی. می‌باشد.

Email: Rniknam@ghods-niroo.com

آقای ابراهیم یوسف‌پور مدیر گروه آبیاری و زهکشی دارای مدرک لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی از دانشگاه چمران اهواز و ۲۰ سال سابقه‌کار می‌باشد که ۱۶ سال آن در شرکت مهندسی قدس‌نیرو است. زمینه علاقمندی و فعالیت آقای یوسف‌پور طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مدیریت بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی، استفاده از پساب تصفیه شده، پروژه‌های انتقال آب و آبرسانی و مدیریت مصرف انرژی در بخش آبفا می‌باشد.

Email: Ayusefpour@ghods-niroo.com

مروری بر مقوله مهندسی مجدد فرآیندهای کسب وکار و متدولوژی مبتنی بر تغییرات تدریجی

راحله نعمتی

کارشناس برنامه‌ریزی و کنترل پروژه - SBU آب

کلمات کلیدی: مهندسی مجدد فرآیندهای کسب و کار- متدولوژی- ساختار- تکنولوژی اطلاعات- استراتژی- نیروی انسانی

چکیده

در این مقاله پس از مرور ادبیات موضوع شامل مفاهیم(تعریف، تاریخچه، مزایا، ویژگی ها و دلایل روی آوردن سازمانها به مهندسی مجدد فرآیندها) و چگونگی پیاده سازی مهندسی مجدد فرآیندهای کسب وکار(گروههای سهیم، فازهای متداول، تغییرات حاصله، رویکردها و متدولوژی ها و عوامل موفقیت و شکست)، متدولوژی مبتنی بر تغییرات تدریجی جهت پیاده سازی مهندسی مجدد در سازمان ها توضیح داده شده است.

۱- مقدمه

مهندسی مجدد فرآیندهای کسب وکار از جمله مقوله‌هایی است که در دهه اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای در ادبیات مدیریت استراتژیک و تحولات سازمانی و نیز استراتژی‌های فناوری اطلاعات مورد توجه قرار گرفته است. صاحبنظران مهندسی مجدد این مقوله را از مهمترین عوامل رسیدن به مزیت‌های رقابتی از طریق ایجاد و شکل‌دهی تغییرات و تحولات مهم و حتی پایه‌ای و انقلابی در نحوه فعالیت‌ها و عملیات سازمان‌ها و بنگاه‌های اقتصادی و تولیدی میدانند.

علیرغم اهمیت فزآینده مفهوم مهندسی مجدد فرآیندها هم در حوزه‌های نظری و آکادمیک و هم در بین مدیران اجرایی و سازمان‌های واقعی، نتایج حاصل از بکارگیری فنون، روش‌ها و رویکردهای مرتبط با مهندسی مجدد در عمل چندان رضایت‌بخش نبوده است. نرخ شکست در فعالیتها و پروژه‌های مهندسی مجدد ۶۰ تا ۷۰ درصد گزارش شده است.[2] آنچه از مطالعات حاصل حاکی از یک ناسازگاری و عدم انطباق بین انتظارات و اهداف مهندسی مجدد و آنچه در عمل اتفاق می‌افتد است. متدولوژی‌های ارائه شده جهت پیاده‌سازی مهندسی مجدد فرایندها همگی به تغییرات انقلابی در سازمان‌ها اشاره داشته‌اند. بررسی تجربیات انجام شده در زمینه مهندسی مجدد فرایندها نشان میدهد که امکان تغییرات در همه زمینه‌ها به طور انقلابی برای سازمان‌ها میسر نمی‌باشد لذا متدولوژی که در این مقاله توضیح داده شده مبتنی بر تغییرات تدریجی می‌باشد.[4]

۲- مفاهیم مهندسی مجدد فرآیندها

۲-۱-تعریف مهندسی مجدد فرآیندها

BPR[1] دارای تعاریف متعددی است و عدم توافق روی طبیعت آن وجود دارد. در ادامه به برخی از این تعاریف اشاره شده است:

- همر و چمپی (۱۹۹۳): "بازاندیشی بنیادین[2] و طراحی نو و ریشه‌ای[3] فرآیندها، برای دستیابی به بهبود و پیشرفتی شگفت‌انگیز[4] در معیارهای حساس امروزی، همچون قیمت، کیفیت، خدمات، و سرعت".
- داوینپورت (۱۹۹۳): "تحلیل و طراحی گردش‌های کاری و فرآیندها در بیرون و درون سازمان‌ها".
- تِنگ و همکارانش (۱۹۹۴): "تحلیل حیاتی و طراحی ریشه‌ای فرآیندهای کاری موجود برای به دست آوردن بهبودهای غیرمنتظرانه در اقدامات اجرایی".[6]

۲-۲- تاریخچه مهندسی مجدد فرآیندها

پیش‌زمینه مهندسی مجدد طرح مطالعاتی مدیریت در دهه نود دانشگاه انستیتوی تکنولوژی ماساچوست (MIT) بوده است. مایکل‌همر نخستین نظریه‌پردازی است که مفهوم مهندسی مجدد را مطرح کرد. او با مقاله اتوماسیون کارساز نیست فعالیت‌های زاید را حذف کنید"، در مجله Harvard Business Review در سال ۱۹۹۱، مهندسی مجدد را به جهان دانش مدیریت معرفی کرد. سپس کتاب مهندسی مجدد، "منشور انقلاب سازمانی" را با کمک جیمز چمپی در سال ۱۹۹۳ نوشت و مهندسی مجدد را در قالب یک تئوری تشریح کرد.

1- Business process Reengineering
2- Fundamental
3- Radical
4- Dramatic

مفهوم اولیه مهندسی مجدد از نظریه‌های مدیریتی مطرح شده در قرن ۱۹، سرچشمه گرفته است و ریشه در سایر روش‌های بهبود دارد. در دهه ۸۰ قرن ۱۹، فردریک تیلور[1] استفاده از متدهایی را به منظور یافتن بهترین فرآیندها برای انجام کار و افزایش بهره‌وری پیشنهاد نمود. مفهوم BPR بعنوان راه‌حلی برای بحران‌های اقتصادی و رکود اقتصادی اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ مورد توجه قرار گرفت.

در اواخر دهه ۸۰ قرن ۲۰، برخی شرکتهای آمریکایی متوجه شدند که با وجود فشارهای شدید محیط کسب و کار، بهبود تدریجی کافی و مناسب نبوده و نیازمند به تغییرات ریشه‌ای در عملکرد کسب و کار خود می‌باشند. این شرکتها به گسترش و یا مکانیزه نمودن فرآیندهای موجود اقدام ننمودند بلکه از IT برای تغییر زیر ساختار برخی از فرآیندهای کلیدی خود استفاده کردند. بهبود در هزینه و زمان اجرای فرآیندهای تغییر یافته بسیار چشمگیر بود.

ورود BPR به محافل علمی و صنعتی و توجه به آن در سال ۱۹۹۰، نتیجه دو مقاله منتشر شده توسط مایکل همر[2] و توماس داوینپورت[3] می‌باشد. در این سال و مجدداً در سال ۱۹۹۳، اقداماتی قاطع توسط مایکل همر، جیمز چمپی[4] و توماس داوینپورت انجام گردید. آنها با بررسی شرکت‌های متعدد و تجارب خود، الگوی کارکردهایی را که به پیروزی و یا شکست شرکت‌ها می‌انجامید تشخیص داده و به تدریج خط مشی‌هایی را که برای ایجاد دگرگونی‌های ژرف و کارساز لازمند، شناختند. آنها این راه‌حل‌ها را مهندسی مجدد فرآیندهای سازمان نام گذاری کردند.[6]

مهندسی مجدد مشهورترین و جنجال برانگیزترین نظریه مدیریتی در طول سال‌های اخیر بوده است. مهندسی مجدد، اصل مشهور و چند صدساله تقسیم کار آدام اسمیت را به‌آسانی نقض نمود. مباحث بسیاری پیش از سال ۱۹۹۱ در خصوص بازسازی سازمان و مدیریت مطرح بود مثل بهبود سازمان مدیریت، مدیریت تغییر، کایزن، مدیریت کیفیت فراگیر، نوآوری و ... که مدیران و نظریه‌پردازان مدیریت را به خود مشغول کرده بود؛ اما آنچه که مهندسی مجدد را از سایر روشهای مدیریتی پیش از خود متمایز ساخت و آنرا به عنوان یک تئوری انقلابی در سازمان‌ها و مباحث مدیریتی مطرح کرد شیوه بدیع مهندسی مجدد بود که براساس بررسی و اصلاح فرآیند، طرح‌ریزی می‌شد.[7]

۲-۳- ویژگیها و مزایای مهندسی مجدد

یکپارچگی مشاغل، کارمند محوری، جریان طبیعی فرآیندها، ارجاع منطقی امور، کاهش بازرسی و کنترل، کاهش موارد اختلاف، امکان ایجاد تمرکز و تمرکززدایی.[7]

۲-۴- دلایل روی‌آوردن سازمانها به مهندسی مجدد فرآیندها

الف- عوامل خارجی: افزایش سطح رقابت در بازارهای جهانی، تغییرات نیاز مشتریان، افزایش سطح انتظارات مشتریان، پیشرفتهای حاصل شده در فناوری اطلاعات، محیط متغیر و نامطمئن امروزی تغییرات نیاز مشتریان.

ب - عوامل داخلی: تغییر در استراتژی‌های سازمان، تغییر ساختار سازمانی، تغییر در فرآیندها، روشها، مهارتها و رفتارها.[7]

۳- پیاده سازی مهندسی مجدد فرآیندها

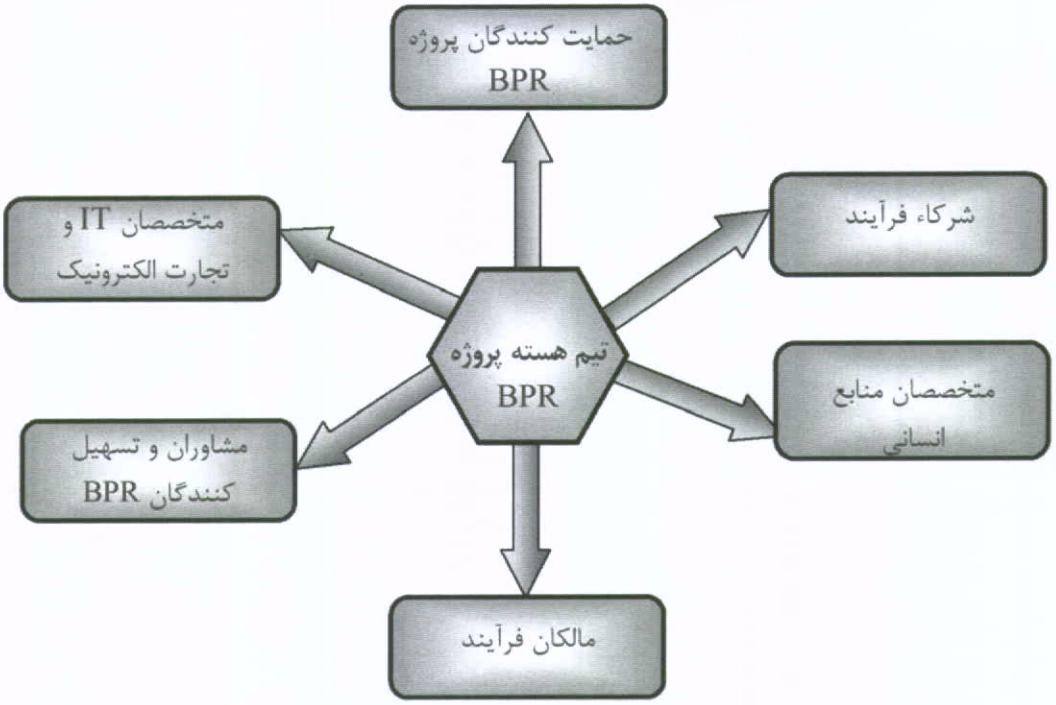
۳-۱-گروه‌های سهیم در پیاده سازی مهندسی مجدد فرآیندها

گروه‌هایی که در اجرای پروژه BPR مشارکت دارند عبارتند از: شرکاء فرآیند، مشاوران و تسهیل‌کنندگان BPR، متخصصان منابع انسانی، متخصصان IT و تجارت الکترونیک، حمایت کنندگان پروژه BPR، مالکان فرآیند.

همانگونه که در شکل (۱) مشاهده می شود ، پروژه BPR دارای دست اندرکاران متعددی است. در قلب این پروژه تیم اصلی BPR برای مدیریت آن و هماهنگی دیگر شرکای پروژه قرار می‌گیرد. این تیم دارای یک مدیر راهبردی برای پروژه است. هر پروژه BPR به شرکای ذیل نیاز دارد:

- مدیران اجرایی سازمان بعنوان مدافعین و حمایت‌کنندگان پروژه
- صاحب و ناظرین فرآیندها که مسئولیت فرآیندها را بعهده دارند و نگران اثرات مالی و سود آوری آن نیز می‌باشند.

1- Frederick Taylor
2- Michael Hammer
3- Thomas Davenport
4- James champy



شکل(۱) گروه‌های سهیم در اجرای پروژه BPR

- کارشناسان و متخصصین منابع انسانی برای کمک به تغییرات ضروری در مرحله طراحی یا اجرای فرآیندهای جدید در سازمان.
- مشاورین BPR برای کمک به مراحل طراحی یا اجرای سیستم.
- متخصصین و مشاورین IT و تجارت الکترونیکی برای تغییر زیر ساختهای IT مطابق با فرآیندهای پیشنهادی و ایجاد سیستم‌های اطلاعاتی مورد نیاز.[3]

افزون بر این تجربه نشان میدهد که بهتر است تعداد اعضای تیم مهندسی مجدد فرآیندهای کسب و کار زیر ۱۰ نفر باشند . اگر نتوان تیم را در اندازه‌ای قابل قبول تشکیل داد (زیر ۱۰ نفر) انجام کل فرآیند بسیار مشکل خواهد بود.[10]

۳-۲-فازهای متداول در پیاده سازی مهندسی مجدد فرآیندها

فازهای مورد نیاز برای پیاده سازی یک پروژه موفق BPR عبارتند از:

۱- آغاز تغییرات سازمانی
۲- ایجاد سازمان مهندسی مجدد
۳- شناسایی فرصت های BPR
۴- شناسایی فرایندهای موجود
۵- مهندسی مجدد فرایندها
۶- ارائه پیش طرح سیستم جدید کسب و کار
۷- اجرای تغییرات.[1]

۳-۳-انواع تغییرات ناشی از پیاده‌سازی مهندسی مجدد فرآیندها

۱- تغییرات واحدهای کاری از قسمتهای اجرایی به گروههای فرآیندی
۲- تغییرات مشاغل از وظایف ساده به کار چندبعدی
۳- تغییرات مربوط به نقشهای شخص، از شخص تحت نظارت به شخص صاحب‌اختیار
۴- تغییرات مربوط به آمادگی برای کار از آموزش به تحصیلات رسمی
۵- تغییرات معیارهای عملکرد و پرداخت دستمزد از فعالیت به نتیجه فعالیت
۶- تغییرات ملاک ترفیع از عملکرد به توانایی
۷- تغییرات در مدیران ، از سرپرست به مربی
۸- تغییرات ساختار سازمانی از سلسله‌مراتبی به مسطح.[7]

۳-۴-رویکردها و متدولوژی های پیاده سازی مهندسی مجدد فرآیندها

متدولوژی، مجموعه‌ای سازمان یافته از روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهاست که به منظور دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده، توسعه یافته است و به طور کلی متدولوژی به یک راه و روش کاملا مشخص و جزیی شده اطلاق می‌شود که ما را به نتیجه و انتهای مورد نظر می‌رساند. برای اجرای مهندسی مجدد نیز متدولوژی‌های ساخت یافته بسیاری پیشنهاد شده است که اغلب آنها اجزاء مشترکی داشته و اجرای مهندسی مجدد را به عنوان پروژه ای که در سازمان از بالا به پایین تعریف می شود، نشان می‌دهند.

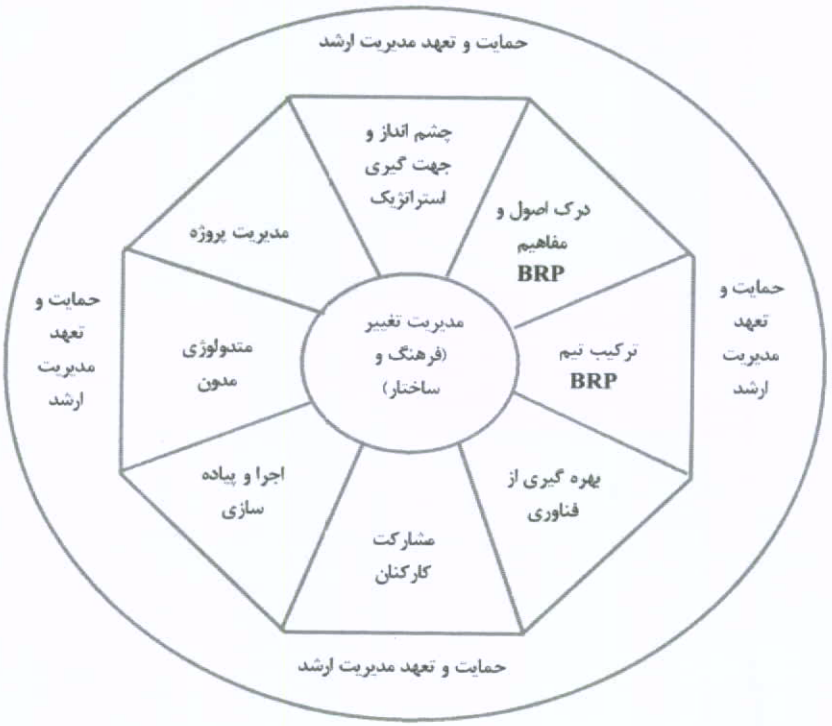
یک روش برای دسته بندی پروژه‌های مهندسی مجدد، چگونگی تأکید و تمرکز آنها روی فاکتورهایی از قبیل فناوری اطلاعات، استراتژی، مدیریت کیفیت، عملیات و منابع انسانی است.

یک روش دیگر، چگونگی نگرش متدولوژی‌ها به ماهیت ابداعی مهندسی مجدد و ذاتی بودن آن است. به عنوان مثال، هامر و چمپی درجه وابستگی مهندسی مجدد، به خلاقیت، ابداع و تفکر نو را بسیار بیشتر از وابستگی به تجربیات جاری و گذشته می‌دانند، چنانکه معتقدند برای مهندسی مجدد، سازمان می‌بایست با یک صفحه سفید آغازی دوباره داشته باشد. با چنین نگاهی تعریف یک رویکرد ساخت یافته، برای مهندسی مجدد غیرممکن است. از طرف دیگر افرادی چون داونپورت، شورت، هاریسون و فیوری اعتقاد به تعریف چارچوبی مشخص برای مهندسی مجدد هستند و استفاده از تجربیات در مهندسی مجدد را لازم دانسته و معتقدند برای انجام پروژه مهندسی مجدد، ارائه طرحها و برنامه‌های کاری به همراه آموزش و انگیزش افراد الزامی است.[8]

در این مقاله به تمامی رویکردها و متدولوژی‌های مهندسی مجدد فرآیندهای کسب و کار اشاره نشده و فقط متدولوژی جدیدی که مبتنی بر تغییرات تدریجی می‌باشد و توسط آقایان مهران سپهری و علی کرمانشاه[4] ارائه شده توضیح داده شده است.

۳-۵- عوامل موفقیت و شکست پروژه های مهندسی مجدد فرآیندها

پس از بررسی عوامل موفقیت و شکست پروژه‌های مهندسی مجدد اجرا شده، یازده عامل اصلی به عنوان عوامل اصلی مهم و تأثیرگذار جهت اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌های مهندسی مجدد شناسایی شده که در شکل (۲) نشان داده شده است.[5]



شکل (۲) یازده عامل اصلی

۴- متدولوژی مهندسی مجدد فرآیندها مبتنی بر تغییرات تدریجی

با بررسی نتایج حاصل از مرور ادبیات و تجارب مهندسی مجدد چنین استنباط میگردد که مفروضات اصلی زیربنای نظریه‌های موجود و نیز چارچوب‌هایی که در عمل به کار گرفته میشود بر محور چند مفهوم مهم و کلیدی و در عین حال مرتبط با هم میباشد که عبارتند از: استراتژی، سازمان/ بنگاه، تکنولوژی مرتبط با مهندسی مجدد (بویژه تکنولوژی اطلاعات)، نوآوری و مدیریت تغییر، هم راستایی مولفه‌های اصلی مهندسی مجدد شامل ساختار، استراتژی، فرایند، نیروی انسانی و تکنولوژی.

۴-۱-نارسایی های هر یک از محورهای نظری

نظریه‌های موجود نگرش‌ها و مفروضات مرتبط با مفاهیم فوق را در مباحث مربوط به فهم و درک رویکردها و روشهای مهندسی مجدد آنطور که باید تصریح نکرده‌اند و معمولاً از نظریه‌های سنتی و کلاسیک استفاده شده است که در ادامه نارسایی‌های موجود در هر یک از آیتم‌ها شرح داده شده است.

- استراتژی: استراتژی‌ها عمدتاً مدل‌های کلاسیک و از بالا به پایین میباشد .

  این رویکرد شامل نظراتی است که شکل‌گیری استراتژی را حاصل یک فرآیند تحلیلی و قاعده‌مند میدانند. درونمایه این روشها جفت و جور کردن عوامل درونی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل بیرونی (فرصتها و تهدیدات) به منظور بهره‌مندی از منافع نهفته در فرصتها (یا اجتناب از زیان‌های نهفته در تهدیدات) است. در این رویکرد، استراتژی از تعامل این چهار عامل به منظور استفاده از شایستگی‌های تمایز بخش سازمان برای بهره‌گیری از فرصت‌های استراتژیک محیطی ایجاد میشود.

  این رویکرد، شرایط محیطی فردا را امتداد خطی شرایط امروز فرض میکند و توجهی به تغییر پارادایم‌ها و قواعد حاصل از آنها ندارد. لذا در محیطی کارایی دارد که تحولات آن اندک و کند باشد.

  محصول فرآیندهای این رویکرد به ندرت یک استراتژی خلاق و تحول آفرین است و روشهای مربوطه بیشتر بر انتخاب مناسبترین الگوی استراتژی از میان الگوهای شناخته شده متکی هستند.

  رویکرد تجویزی ذهن انسان را در قالب یک فرآیند گام به گام به پیش میبرد و این خود مانع بزرگی برای پرواز ذهن به اوج خلاقیت‌ها میباشد.[9]
- سازمان/ بنگاه: به جنبه‌های رفتاری و سیاسی حاکم بر سازمان‌ها توجه نمیشود
- تکنولوژی مرتبط با مهندسی مجدد: به جنبه‌های فنی و تکنیکی اشاره شده و توجهی به جنبه‌های رفتاری و مدیریتی نشده است
- نوآوری و مدیریت تغییر: منظور تحولات انقلابی و تغییرات پله‌ای ناگهانی میباشد و توجهی به تغییرات تدریجی نمیشود . منبع تغییرات و تحولات سازمانی معمولاً از بیرون بنگاه سرچشمه میگیرد و تغییرات باعث از بین بردن و بی‌فایده کردن ساختارها و فرآیندها و قابلیت‌های موجود میشود.
- هم راستایی مولفه‌های اصلی مهندسی مجدد: به لزوم همراستایی کلیه مولفه‌ها و این که تحت چه شرایطی و با چه تقدم و تاخری مولفه‌ها به انطباق با یکدیگر می‌رسند توجه چندانی نشده است.

۴-۲-نگرش های تکمیلی نسبت به محورهای نظری

با توجه به نارسایی‌های ذکر شده در ادامه چارچوبی تکمیلی و در عین حال تا اندازه‌ای تلفیقی و جامع به منظور فهم و تبیین بهتر مهندسی مجدد از نظر نظری و همچنین در عمل ارائه میشود. چارچوب پیشنهادی در مورد هر یک از محورهای یاد شده علاوه بر منظرهای متداول و مرسوم ادبیات موجود، برخی نگرش‌های تکمیلی و جایگزین را به کار می‌گیرد که در ادامه نگرش‌های تکمیلی شرح داده شده است:

- استراتژی: رویکردهای پایین به بالا، افزایشی و فرایندهای یادگیری جمعی مورد توجه قرار میگیرد.
- سازمان/ بنگاه: مدل‌های رفتاری در مورد سازمان بویژه در مقولات سیاست‌های سازمانی قابل بکارگیری میباشد.
- تکنولوژی مرتبط با مهندسی: تکنولوژی اطلاعات تنها یک مقوله فنی و تکنولوژیک نیست و مجموعه‌ای از منابع، قابلیت‌های سازمانی

اجتماعی است که در کنار و در تعامل با سایر مولفه‌ها به کار گرفته میشود.

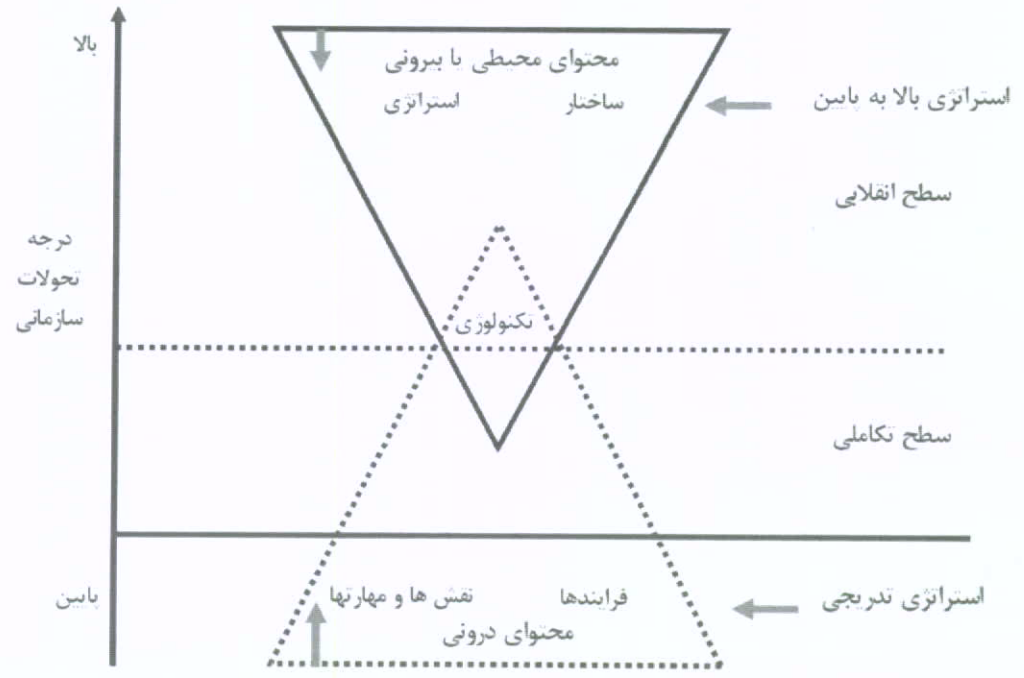
- نوآوری و مدیریت تغییر: نوآوری و مدیریت تغییر فقط به نوآوری‌های رادیکال محدود نمیشود که شاید مدلی مناسب برای معدودی از سازمانها که دچار پدیده از بین رفتن قابلیت‌های موجود می‌گردند باشد. بلکه تاکید اصلی را بر نوآوری تدریجی قرار میدهد دیدگاهی که در اغلب موارد در سازمان‌هایی که محیط توسعه و بهبود قابلیت‌ها را تجربه میکنند قابل استفاده است.
- هم راستایی مولفه‌های اصلی مهندسی مجدد: الزاماً مسیری از پیش تعیین شده و از بالا به پایین نیست که در آن ابتدا استراتژی تعریف شده، سپس ساختار و پس از آن فرایندها و تکنولوژی و نیروی انسانی با یکدیگر منطبق شوند بلکه سازمان با داشتن یک چشم‌انداز استراتژیکی، میتواند شروع به بهبود فرایندها از هرجای سازمان و بعضاً با کمک تکنولوژی و متناسب با آن، نیروی انسانی را منطبق کرده و در فرایندی تدریجی و از پایین به بالا به ساختار و استراتژی مناسب در جهت چشم‌انداز حرکت کند.

۴-۳-معرفی متدولوژی

این مدل با استفاده از مدل MIT90 که در آن همراستایی استراتژیک بین مؤلفه‌های استراتژی، ساختار، فرآیند، تکنولوژی، نیروی انسانی مورد بحث قرار می‌گیرد و نیز مقوله مسیر و فرآیند رسیدن به همراستایی و همچنین راهبردهای تحولات فرآیندهای سازمانی (که حداقل بین دو تا پنج راهبرد می‌باشد) اقتباس شده است (شکل ۳).

با توجه به شکل (۳) ملاحظه می‌شود تمرکز اصلی ادبیات مهندسی مجدد بر مثلث بالا میباشد. منبع تحول، تغییر و نقطه شروع از استراتژی، تکنولوژی و ساختار است. رویکرد استراتژی بالا به پایین بوده و مسیر به سمت انطباق، مسیر سنتی میباشد (در واقع مسیری که در آن ابتدا استراتژی، سپس ساختار، تکنولوژی و به تبع آن فرایندها و نیروی‌انسانی با یکدیگر منطبق میشوند). رویکرد فوق دارای دو مرحله میباشد: مرحله اول طراحی مثلث بالا و در مرحله دوم اجرای طراحی انجام شده درمثلث پایین است که در واقع همان بازنگری در فرآیندها، رویه‌ها، نقش‌های انسانی و مهارت‌هایی که در مثلث پایین قرار دارد میباشد.

در چارچوب پیشنهادی تأکید بر مثلث بالا نیست و این



شکل(۳): متدولوژی مبتنی بر تغییرات تدریجی

بدان معنی نیست که به مثلث بالا توجه نشود بلکه تأکید آن است که مثلث بالا کافی است به عنوان یک چشم‌انداز استراتژیک وسیع راهنمای عمل باشد. سازمان میبایست کار اصلی را از طریق طراحی مجدد فرآیندها در هرجایی از پایین و بدنه سازمان و به نحوی تدریجی و افزایشی که متضمن بهبود تدریجی مهارتها و قابلیت‌های انسانی است و از طریق فرآیند یادگیری و بعضاً به کمک فناوری و البته در پرتو چشم‌انداز استراتژیک شروع کند. چنین برداشتی از مهندسی مجدد ریشه در سایر مکاتب استراتژی دارد. مکاتبی که استراتژی را فرآیندی تدریجی، تکاملی، شکل گرفته در عمل، قدم به قدم و به صورت یک فرآیند یادگیری جمعی که ریشه در وضعیت گذشته موجد سازمان دارد میدانند.[4]

۵- نتیجه گیری

در سالهای اخیر برخی از صاحبنظران به بازنگری در مفروضات و روشهای پیشنهادی در مدل‌های اولیه مهندسی مجدد پرداخته‌اند و با استناد به برخی مطالعات تجربی بویژه با ریشه‌یابی علل عدم موفقیت کامل تلاشهای مربوطه، گامهای اولیه را در جهت نقد چارچوب‌های موجود و پیشنهاد رویکردهای جایگزین و بعضاً تکمیلی برداشته‌اند.

مراجع

[1] Covert, Michael, "Successfully Performing BPR",Visible Systems Corporation, 1997, http://www.ies.aust.com/papers/BPR.html

[2] Thawani, Sunil ," BPR or ERP - What Comes First?", thawanis@hotmail.com, 2001

[3] http://inen.blogfa.com/post-454.aspx

[4] انتخاب رویکردمهندسی مجدد در تحول سازمان، از بهبود مستمر تا بازسازی محدوده کسب و کار- نویسنده: مهران سپهری، علی کرمانشاه- مجله دانش مدیریت- سال هجدهم- شماره ۶۹- تابستان ۱۳۸۴

[5] مهندسی مجدد فرآیندهای کسب و کار، مدل تحلیلی- اجرایی- نویسنده: احمد عیسی‌خانی، سید هادی میرقادری-مجله تدبیر- سال شانزدهم- شماره ۱۶۵- بهمن ۱۳۸۴

[6] آنچه لازم است درباره مهندسی مجدد فرآیندها بدانیم- دکتر مسعود یقینی، مهندس شبنم شریفیان، مهندس منا بروجردی- وبلاگ شرکت فناوری اطلاعات

[7] http://۴tmu.ir/forum/index.php?topic=۱۰۲۶۸.۰

[8] روش مناسب مهندسی مجدد در ایران- نویسنده: مهدی بستانچی- مجله تدبیر- سال هجدهم- شماره ۱۸۳، مرداد ۱۳۸۶

[9] استراتژی اثربخش- غفاریان وفا- کیانی غلامرضا، تهران، سازمان فرهنگی فرا، ۱۳۸۰

[10] عوامل موفقیت مهندسی مجدد- شاهین گلستانی- سایت مرکز توسعه و تبادل دانش فناوری اطلاعات

بیوگرافی

خانم راحله نعمتی دارای مدرک کارشناسی مهندسی صنایع (گرایش برنامه ریزی و تحلیل سیستمها) از دانشگاه الزهرا در سال ۱۳۸۱ و کارشناسی ارشد مهندسی صنایع (گرایش مدیریت سیستم و بهره‌وری) از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۸۷ می‌باشد. ایشان از آبان ماه سال ۱۳۸۰ به عنوان کارشناس برنامه ریزی و کنترل پروژه با SBU آب شرکت قدس نیرو همکاری نموده اند.

ایشان علاوه بر کار در زمینه برنامه‌ریزی و کنترل پروژه طرح های سازه های آبی ،بعنوان ممیز داخلی سیستم مدیریت کیفیت، سیستم مدیریت زیست محیطی و سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت‌حرفه ای (HSE) در شرکت قدس نیرو فعالیت کرده اند. علاقمندی خانم نعمتی پیاده سازی سیستم‌های مدیریتی و تحقیق و بررسی در زمینه مدیریت استراتژیک، مدیریت فرایندهای کسب و کار (BPM) و مهندسی مجدد فرایندهای کسب و کار (BPR) می‌باشد.

Email: *Rnematii @ ghods-niroo.com*

وضعیت انرژی باد در کشور ایران باتوجه به تئوریهای استحصال انرژی بادی توسط توربینهای محورافقی و اطلس باد کشور

جواد راحلی سلیمی

کارشناس پتانسیل سنجی باد - SBU انرژی

محمود داودی

کارشناس مکانیک - SBU انرژی

کلمات‌کلیدی: اطلس باد ایران، توزیع ویبول، توان و انرژی، سرعت باد، انرژی‌های تجدیدپذیر، ضریب ظرفیت، توربین‌های بادی، نیروگاههای بادی

چکیده:

به کارگیری انرژیهای تجدیدپذیر در تامین انرژی مورد نیاز جهان (اغلب بصورت انرژی الکتریکی) باعث گردیده تا در اکثر جوامع بشری، این نوع تأمین انرژی سهم و جایگاهی ویژه‌ای در سبد انرژی پیدا کند؛ بطوریکه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بصورت یک الگوی جدیدی برای تامین انرژی با رعایت الگوهای زیست محیطی بسیار رو به افزایش است. با توجه به این موضوع، اغلب کشورها به دنبال راههایی برای استفاده هرچه بهتر (بالاترین کارآیی) از این نوع انرژی هستند و هر روز ما متوجه توسعه فن‌آوریهای جدید و پیشرفته در این زمینه هستیم این امر با این وجود یکی از راههای افزایش کارآیی در نیروگاههای بادی انتخاب بهترین نوع توربین از لحاظ ظرفیت، نحوه چیدمان (پارک بادی[1])، ارتفاع برج، طول پره و ... (یعنی کلاس توربین بادی[2]) است که با داشتن اطلاعات کاملی از هر منطقه امکانپذیر است. در این راستا اغلب کشورها و (اتحادیه اروپا) اقدام به تهیه اطلس باد نموده‌اند که هر ساله آن را بروز می‌نمایند. تهیه اطلس باد روشهای مختلفی دارد که از آن جمله، روش بکار گرفته شده در ایران، با احداث ایستگاههای هواشناسی (بادسنجی) در مناطق مختلف، از روی شبکه بندی جغرافیایی است. مشابه این روش (با کمی تغییرات) برای تهیه اطلس باد اروپا استفاده گردیده است. با در دست داشتن اطلس باد هر منطقه، می‌توان نواحی پر پتانسیل بادی را براحتی شناسایی و مورد بررسی قرار داد. در این مقاله بصورت موردی، اطلس باد ایران، بطور دقیقتر مورد بررسی واقع شده است. هر چه اطلس باد منطقه دقیقتر و به روز باشد، انتخاب توربین بادی مناسب برای یک منطقه با توجه به الگوی باد و اقلیم منطقه (پارامترهای هواشناسی)، ما را قادر خواهد ساخت که بیشترین انرژی را از طبیعت، در آن واحد استحصال نماییم، این الگو در نهایت به اقتصادی‌تر شدن موضوع سرمایه گذاری و یا افزایش علاقمندی سرمایه گذاران در این صنعت منجر می‌گردد. البته انتخاب توربین مناسب در عمل (با توجه امکان عقد قرارداد) به تنوع سازندگان و تعدد انواع تولیدات آنها و همچنین (با توجه به شرایط جغرافیایی منطقه) به امکان حمل و نقل و نصب نیز محدود می‌گردد.

۱- مقدمه

رشد روزافزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم شدن بیش از حد کره زمین و در نهایت وجود مشکلات زیست‌محیطی، همگی موجب گردیده تا هر روز شاهد پیشرفتهای قابل توجهی در زمینه فن‌آوری استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر باشیم؛ که به معنی استفاده از منابع لایزالی که خداوند به ما ارزانی داشته است. ماهیت پایان‌ناپذیر اینگونه انرژی‌ها، روند رو به اتمام سوخت‌های فسیلی و سایر مزایای بارز این انرژی‌ها موجب تشویق بشر در سرمایه‌گذاران در این زمینه بوده است.

البته حدود سه دهه است که کشورهای پیشرفته و صاحب فن‌آوری به این مهم پرداخته‌اند تا جایی که در برنامه سالانه تأمین انرژی خود، یعنی در سبد انرژی کشور، درصدی از انرژی‌های مورد نیازشان را از طریق توربین‌های بادی، پیلهای خورشیدی، انرژی زمین گرمایی و ... تامین کنند.

بررسی دقیق نشان می‌دهد حتی در حال حاضر که هزینه استحصال انرژی‌های تجدیدپذیر گران‌تر از نوع فسیلی به نظر می‌آید، در مناطق دور دست روستایی و کشاورزی به دلیل مشکل انتقال سایر انرژی‌ها و بالا بودن هزینه آن، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و با توجه به تلاش گسترده‌ای که در رابطه با استحصال انرژی‌هایی از این نوع شده روز به روز از توجیه اقتصادی بالاتری برخوردار می‌شود.

1- Wind park
2- Wind Turbine class

انرژی باد، انرژی جنبشی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی که تابش خورشید بطور نامساوی به سطوح ناهموار زمین میرسد، سبب ایجاد تغییرات دما و فشار شده و در اثر این تغییرات، باد بوجود می آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث بوجود آمدن باد می‌گردد. جریان اقیانوسی نیز بصورت مشابه عمل نموده و عامل ۳۰٪ انتقال حرارت کل جهان است. در مقیاس جهانی این جریانات اتمسفری بصورت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت و گرما عمل می‌نمایند. دوران کره زمین نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سیاره‌ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. باد یکی از منابع انرژی پایان‌ناپذیر جهان است و در حدود ۳۰۰۰ سال است که انسان از انرژی باد به منظور تولید انرژی مکانیکی برای پمپ آب یا آسیاب کردن غلات و . . . استفاده کرده است. در حال حاضر یکی از بهترین روش‌های استفاده از باد، تولید انرژی الکتریکی است. به این صورت که با قراردادن یک توربین بادی در مسیر باد و انتقال انرژی مکانیکی توربین به یک ژنراتور جریان مستقیم یا متناوب به طور مستقیم یا از طریق جعبه دنده با نسبت تبدیل مناسب، انرژی الکتریکی تولید می‌شود.

با توجه به این که تعداد نیروگاههای بادی هر سال رو به افزایش بوده و استفاده از این نیروگاه‌ها در جهان صنعتی و کشورهای پیشرفته رو به گسترش است، لازم بود آخرین آمار و اطلاعات در این زمینه تهیه شود که در ادامه به این موضوع خواهیم پرداخت.

اولین توربین باد که برای تولید الکتریسیته بکار رفت تقریباً در اوایل قرن بیستم توسعه یافت، فن‌آوری بهره‌برداری از انرژی باد تا سال ۱۹۷۰ میلادی و در اواخر سال ۱۹۹۰ میلادی به صورت تدریجی توسعه پیدا کرد. انرژی باد به عنوان یکی از مهمترین منابع انژری جایگزین، معرفی شد. در اواخر قرن بیستم، ظرفیت بکارگیری انرژی باد در جهان در هر سه سال دو برابر شده است به نظر می‌رسد که این روند همچنان ادامه خواهد یافت.

فن‌آوری انرژی باد نیز به سرعت در حال پیشرفت است. در پایان سال ۱۹۸۹ توربین‌های بادی ۳۰۰ کیلووات با قطر روتور حدود ۳۰ متر، مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. تنها در ۱۰ سال بعد توربین‌های بادی ۱۵۰۰ کیلووات با قطر روتور حدود ۷۰ متر، توانایی استفاده بیشتر از باد را فراهم آوردند و استفاده از توربین‌های بادی ۲ مگاوات با قطر روتور ۷۴ متر قبل از شروع قرن جدید خود گواه پیشرفت فن‌آوری انرژی بادی است. با شروع قرن بیست‌ویکم نیز توسعه و پیشرفت توربینها همچنان ادامه یافت، بطوریکه توربینهای ۵ و ۶ مگاواتی با ارتفاع و قطرپره بالای ۱۰۰ متر در سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ به بهره برداری رسیدند. و در سال ۲۰۰۷ توسط شرکت آلمانی Enercon توربینهایی با ظرفیت بالای ۷ مگاوات (۷+) و ارتفاع برج ۱۳۴ متر و قطر پره ۱۲۶ متر، در منطقه Emden آلمان با کمک مالی دولت مرکزی نصب و راه‌اندازی گردید. در حال حاضر در برخی کشورهای اروپایی و آمریکا اقدامات تحقیقاتی برای ساخت و تولید توربینهای ۱۰ تا ۱۲ مگاواتی صورت گرفته و در حال حاضر نیز ادامه دارد.

توسعه سریع بازار انرژی باد و ارتقای فن‌آوری آن، به تحقیقات، دانش و کار تخصصی برای دست‌یابی به انرژی در صنعت انرژی برق اشاره دارد این نکته حایز اهمیت است که حدود ۸۰ درصد از ظرفیت بادی جهان تنها در پنج کشور آلمان، آمریکا، دانمارک، هند و اسپانیا مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و نیز بیشترین علوم انرژی باد بر اساس تحقیقات در این کشور است. البته کشور چین نیز ادامه دهنده این راه است، بطوریکه در سالهای اخیر با رویکرد عظیمی به این موضوع توانسته است بیشترین میزان نصب سالانه و بیشترین میزان نصب شده در کشور را به خود اختصاص دهد. کشور ما ایران نیز در این زمینه قدمهایی هر چند کوچک برداشته است.

همه این موارد نشانگر استفاده هر چه بهتر از توربینهای بادی است که به انتخاب مناسب توربینها در هر سایت خیلی وابسته است.

جدول (۱) : لیست بالاترین ظرفیت نیروگاههای نصب گردیده تا سال ۲۰۱۰ در ۱۰ کشور همراه با ایران

Country	Continent	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
China	Asia	41800	25104	12210	5912	2599	1266	764	567	468	400
USA	North America	40200	35159	25170	16819	11603	9149	6725	6370	4685	4258
Germany	Europe	27214	25777	23903	22247	20622	18500	18428	16629	12001	8754
Spain	Europe	20676	19149	16740	15145	11630	10028	8263	6202	4830	3337
Italy	Europe	5797	4850	3736	2726	2123	1718	1265	904	785	682
France	Europe	5600	4492	3404	2455	1567	757	386	248	148	95
United-Kingdom	Europe	5203	4051	3288	2389	1963	1353	888	684	552	474
Denmark	Europe	4008	3465	3160	3125	3136	3128	3124	3110	2880	2383
Sweden	Europe	2163	1560	1067	831	571	509	452	404	345	295
Australia	Oceania	2,020	1712	1494	817	817	579	379	197	103	71
Iran	Asia	102	91	82	66	47	32	25	11	11	11

۲- تئوری محاسبات انرژی

۲-۱- توزیع ویبول

در کتابها، مقالات و گزارشات متعددی اطلاعات آماری باد بررسی گردیده و بهترین و مناسب ترین توزیع آماری، ویبول انتخاب گردیده است بطوریکه در نرم‌افزارهای بادی همچون WindPRO، WAsP، WinSIM و ... برای محاسبه انرژی قابل حصول (معمولاً بصورت سالانه) استفاده می‌گردد که فرمول آن به شکل زیر است:

$$f(x) = \left(\frac{k}{A}\right)\left(\frac{x}{A}\right)^{k-1} exp\left[-\left(\frac{x}{A}\right)^{k}\right] \qquad (۱)$$

f(x): تابع توزیع چگالی احتما ل یا PDF (Probability density function)

x: سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه در طول سال در بازه‌های واحد

k: فاکتور شکل[1]

A: فاکتور مقیاس[2]

این تابع برای مقادیر $k>0$ و $x\geq 0$ و $A\geq 0$ قابل تعریف و محاسبه است. فاکتور شکل معمولاًدر حدود ۱ تا ۳ بوده و مقادیر کمتر k نشانگر یک توزیع با پهنای نسبی وسیع با توجه سرعت در اطراف سرعت میانگین باد و مقادیر بیشتر k نشانگر یک توزیع باریک با توجه به سرعت در اطراف سرعت میانگین باد است. مقادیر کمتر فاکتور شکل بطور معمول نشانگر تولید انرژی بالاتر برای یک سرعت میانگین باد است. مقدار A از روی سرعت متوسط و فاکتور شکل بر حسب متر بر ثانیه با توجه به فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$A = \frac{\overline{x}}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)} \qquad (۲)$$

$\overline{x}$: مقدار سرعت متوسط باد (m/s) در بازه های واحد

Γ: تابع گاما

$$\acute{f} = 0 \implies x_{mp} = A\left(1-\frac{1}{k}\right)^{1/k} \qquad (۳)$$

x_{mp} : ماکزیمم احتمال وقوع سرعت باد

بنابراین با توجه به فرمول بالا نتیجه می‌گردد که بازاء مقادیر بالاتر k با افزایش مقدار A هم، اندازه ماکزیمم (فراوانی) افزایش داشته و هم در مقادیر بالاتر x از نظر سرعتی رخ می‌دهد و هم کشیدگی نمودار بسمت x های (سرعتهای) بالاتر است.

۲-۲- محاسبات چگالی توان تولیدی

توزیع یاد شده بالا برای بدست آوردن توان و یا بعبارت دیگر چگالی توان باد بکار می‌رود و با توجه به اینکه اغلب توربینهای بادی مابین سرعتهای ۴ تا ۲۵ متر بر ثانیه تولید دارند محاسبات چنین است:

$$WPD = \sum_{v=4}^{25} \frac{1}{2}\rho x^3 f(x) \qquad (۴)$$

$$WPD = 0.5 \int_{x=4}^{25} \rho x^3 f(x)dx \qquad (۵)$$

WPD : *(Wind Power Density)* چگالی توان تولیدی بر حسب وات (w)

$\boldsymbol{\rho}$: چگالی هوا (kg/m^3)

$$\bar{v} = \sum_{x=4}^{25} xf(x) \qquad (۶)$$

$\overline{\boldsymbol{v}}$: متوسط سرعت باد

۲-۳- محاسبات انرژی تولیدی از روی ساعت کارکرد

با توجه به تولید لحظه‌ای توربین، یک معیار برای کارکرد توربینها، محاسبه تولید سالانه بر حسب ساعت کارکرد یا انرژی سالانه است تا بتوان از روی آن ضریب ظرفیت توربین (یا نیروگاه) را بدست آورد.

$$E_{\overline{v}} = 8760 \sum_{x=0}^{25} P_x\ f(x) \qquad (۷)$$

P_x : توان تولیدی توربین در بازه سرعت x (از روی مقادیر جدول کاتالوگ توربین معین می‌گردد)

$E_{\overline{v}}$: انرژی تولیدی سالانه با توجه به سرعت میانگین (wh)

این منحنی (ویبول) دارای یک ماکزیمم بوده که هر چه این ماکزیمم در سرعت‌های بالاتری رخ دهد نشان‌دهنده مناسب بودن سایت برای تولید انرژی در این سرعت است، همچنین گسترش و کشیدگی توزیع ویبول به سمت سرعتهای بالا (سمت راست محور افقی) نشانگر استحصال انرژی در سرعت‌های بالا نیز می‌باشد و در نهایت درصد فراوانی وقوع ماکزیمم سرعت باد، بیانگر تولید انرژی با با بیشترین فراوانی است. بطور کلی می‌توان گفت سطح زیر نمودار ویبول متناسب با میزان انرژی تولیدی است. بطوریکه هر چه تولید این انرژی در سرعت‌های بالایی رخ دهد شکل نمودار به سمت راست کشیده‌تر بوده و تولید انرژی بیشتر خواهد شد.

۲-۴- محاسبه انرژی از روی فرمول انرژی

همچنین توان تولیدی توربین می‌تواند از روی فرمول انرژی محاسبه گردد:

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv^2 \text{ و } \overline{v} = \frac{\Delta x}{t}$$

$$\rho = \frac{m}{\Delta V} \text{ و } \Delta V = A.\Delta x \implies m = \rho A \Delta x$$

$$P = \frac{\Delta W}{t} \text{ یا } \frac{\Delta K}{t} \implies \Delta K =$$

$$\frac{1}{2}\rho A\,(\overline{v}.t)(\overline{v})^2 \implies \frac{1}{2}\rho A\,\overline{v}^3.t \implies$$

$$\overline{WPD} = \overline{P} = \frac{1}{2}\rho A\,\overline{v}^3 \qquad (۸)$$

$\overline{P}$: چگالی توان تولیدی توسط توربین (w)

A : سطح جاروب شده توسط پره توربین (m^2)

ρ : چگالی هوا (kg/m^3)

$\overline{\boldsymbol{v}}$: سرعت متوسط باد (m/s)

1- Shape factor
2- Scale factor

بدلیل اینکه استحصال تمامی توان باد در تولید، در تمام ساعات شبانه‌روز، امکانپذیر نمی‌باشد، از ضرایبی در محاسبات انرژی استفاده می‌گردد و بنابراین داریم:

$$E_{\overline{v}} = 8760 \times C_p \times \frac{1}{2}\rho A\,\overline{v}^3 \times Ng \times Nb \qquad (۹)$$

$E_{\overline{v}}$: انرژی تولیدی سالانه با توجه به سرعت میانگین (wh)

Ng : ضریب بهره‌وری ژنراتور (۵۰٪ برای ماشینهای متناوب، ۸۰٪ یا بیشتر برای زنراتورهای مغناطیس دائم یا سنکرون و یا ژنراتورهای القائی توسط شبکه یا آ-سنکرون)

Nb : ضریب بهره‌وری گیربکس (وابسته به سیستم مکانیکی بوده و نمی‌تواند بیش از ۹۵٪ (یعنی در حد عالی) افزایش یابد)

بطور کلی تمامی این فرمولها در اغلب نرم‌افزارهای نیروگاههای بادی لحاظ گردیده و بصورت خروجی توان و انرژی در نتایج محاسبات دیده می‌شود.

۲-۵- برش قائم باد

با توجه به اینکه در سطح زمین اثرات زبری باعث ایجاد تلاطم در وضعیت هوا می‌گردد، همچنین با در نظر گرفتن بودجه انرژی بین زمین و خورشید در لایه مرزی سطح زمین، می‌توان گفت که شرایط هوا در این سطح، شکل متلاطم و متفاوتی با لایه‌های بالاتر خواهد داشت. بنابراین هر چه از این سطح دوری کنیم، می‌توانیم به ثبات نسبی در وضعیت هوا برسیم. این تغییرات بصورت واضح در تغییرات دما و فشار هوا (هردو عامل تشکیل باد) و در نتیجه سرعت باد، آشکار خواهد گردید. بنابراین در هر سایت بایستی توربینهایی با ارتفاع خاص آن سایت را برگزید.

با توجه به اطلاعات هواشناسی اغلب اتفاق می‌افتد که در طراحی نیروگاههای بادی ارتفاع اندازه‌گیری شده (سمت و سرعت) باد با ارتفاع هاب توربین یکسان نبوده و در محاسبه انرژی تولیدی توسط توربینها دچار مشکل خواهیم گردید. در بحث نیروگاههای بادی، تغییرات سرعت باد با ارتفاع از سطح زمین در دو مدل بررسی می‌گردد.

اولین مدل بر اساس تئوری ارائه شده توسط (J&M)[1] که پارامترهای توزیع ویبول را برای ارتفاع مورد نظر جهت بدست آوردن انرژی تحت تأثیر قرار می‌دهد. فرمولهای محاسبه پارامترهای ویبول در ارتفاع مورد بررسی چنین محاسبه می‌گردد.

$$k(z) = \frac{k_0\left[1-0.0881\ln\left(\frac{z_0}{10}\right)\right]}{\left[1-0.0881\ln\left(\frac{z}{10}\right)\right]} \qquad (۹)$$

$$A(z) = A_0\left(\frac{z}{z_0}\right)^n \qquad (۱۰)$$

که در آن n بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$n = \frac{[0.37-0.0881 ln A_0]}{\left[1-0.0881\ln\left(\frac{z_0}{10}\right)\right]} \qquad (۱۱)$$

z: ارتفاع مورد بررسی

z_0.: ارتفاع اندازه‌گیری شده

k_0: فاکتور شکل در ارتفاع اندازه‌گیری شده

A_0: فاکتور مقیاس در ارتفاع اندازه‌گیری شده

n: ضریب ثابت هر سایت

دومین مدل بر اساس قانون توان (PL) می‌باشد که به شکل زیر است:

$$v(z) = v_0\left(\frac{z}{z_0}\right)^{\alpha} \qquad (۱۲)$$

$$\alpha = 0.096\,log_{10}(z_0) + 0.016(log_{10}(z_0))^2 + 0.24 \qquad (۱۳)$$

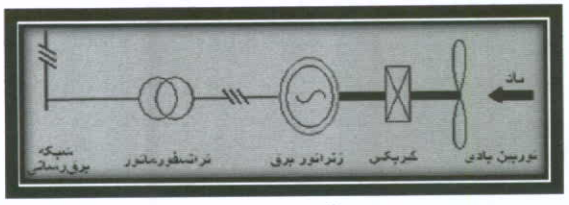
معمولاً از اولین مدل در هنگامی استفاده می‌گردد که برداش اطلاعات طولانی مدت در یک ارتفاع بوده و بصورت تئوریکی محاسبات انرژی در ارتفاعات دیگری (مثلاً ارتفاع هاب توربین) مورد نظر باشد. دومین تئوری (یا قانون که در شرایط استاندارد بررسی گردیده است) معمولاً برای بدست آوردن سرعت متوسط در یک ارتفاع دیگر با توجه به اندازه‌گیریهای انجام شده در ارتفاعات متفاوت به شکل زیر است:

در ابتدا از روی سرعت میانگین[2] یا چند ارتفاع متفاوت می‌توان ضریب α را محاسبه نموده و سپس از روی فرمول (۱۲) سرعت متوسط را برای ارتفاع دلخواه محاسبه نمود.

مقدار α با توجه به استاندارد الکتریسیته IEC و همچنین نرم-افزار طراحی نیروگاه بادی WindPRO در شرایط استاندارد ما بین ۰.۱۴ تا ۰.۱۶ بدست آمده است.

۳- مسائل فنی و تکنولوژیکی توربینهای بادی

از توربین‌های بادی جهت دریافت انرژی جنبشی باد و تبدیل آن به انرژی الکتریکی استفاده می‌گردد. در یک نگاه کلی فرآیند تبدیل انرژی باد به برق در سه بخش اصلی صورت می‌گیرد: جذب انرژی باد توسط پره‌ها و چرخش آنها، تبدیل دور در گیربکس و کاهش گشتاور و در نهایت تولید برق در ژنراتور. شماتیک فرآیند تبدیل انرژی باد به انرژی الکتریکی در توربینهای بادی مولد برق در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): شماتیک فرآیند تبدیل انرژی جنبشی باد به انرژی الکتریکی در یک توربین بادی با محور افقی

انواع توربین‌های بادی مورد استفاده در تولید برق شامل، توربین‌های بادی با محور عمودی و توربینهای بادی با محور افقی

1-Justus and Mikhail Model, 1976
2-Power Law Model

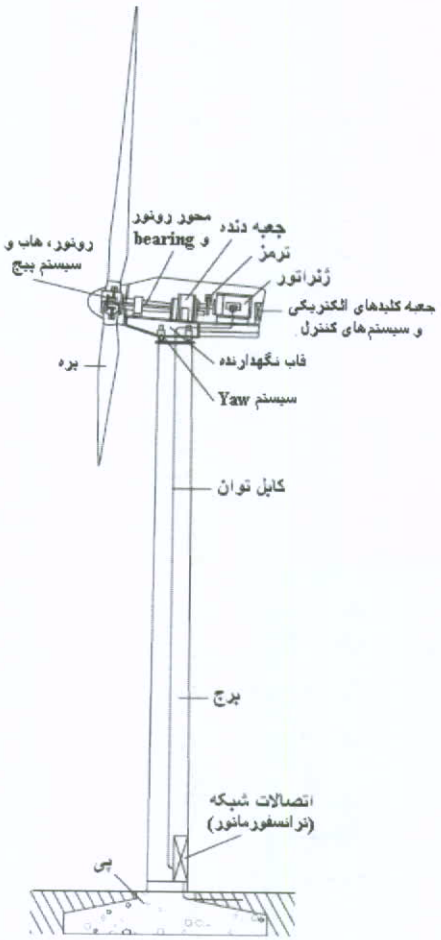
می‌باشند. از انواع توربین‌های بادی با محور عمودی می‌توان به توربین‌های داریوس[1]، ساوینیوس[2]، کاسه‌ای و صفحه‌ای اشاره نمود.

توربین‌های بادی با محور عمودی از دو بخش تشکیل شده‌اند؛ یک برج که رو به باد قرار می‌گیرد و پره‌های عمودی که عمود بر جهت باد کار گذاشته می‌شوند. این توربینها شامل قطعاتی با اشکال گوناگون بوده که باد را در خود جمع کرده و باعث چرخش محور اصلی می‌گردد. در این نوع توربینها در یک طرف توربین، باد بیشتر از طرف دیگر جذب می‌شود و باعث می‌گردد که سیستم در اثر گشتاور تولیدی شروع به دوران کند. یکی از مزایای این سیستم وابسته نبودن آن به جهت وزش باد است اما به طور کلی توربینهای بادی با محور عمودی بازده پایینی دارند.

توربین‌های بادی با محور افقی، که نسبت به نوع محور عمودی رایج‌تر هستند، از لحاظ تکنولوژیک پیچیده‌تر و گرانتر می‌باشند. علی‌رغم دشواریهای بیشتر در ساخت آنها، در مقایسه با توربین‌های محور عمودی، راندمان بسیار بالاتری دارند. این توربین ها توانایی تولید انرژی الکتریکی در سرعت‌های پایین باد را نیز دارند و می‌توانند جهت قرار گرفتن خود را متناسب با مسیر وزش باد تنظیم کنند. این نوع توربینها معمولا دارای سه و یا در مواردی دو پره می‌باشند که بر روی برجی بلند قرار می‌گیرند. مهمترین اجزای یک توربین بادی با محور افقی شامل: برج، ماشین خانه، پره‌ها، روتور، کنترل پیچ[3]، کنترل یاو[4]، ترمز، شفت، جعبه دنده (گیربکس)، ژنراتور و بادسنج می‌باشند، (شکل ۱).

ولتاژ تولید شده در ژنراتور توربینهای بادی بزرگ معمولا V ۶۹۰ بصورت وتناوب و با فرکانس Hz ۵۰ است که پس از تولید به ترانسفورماتوری در نزدیکی توربین یا در درون برج آن انتقال داده می‌شود تا متناسب با استانداردهای محلی به ولتاژی بین V ۱۰۰۰۰ تا V ۳۰۰۰۰ برسد. در هر لحظه از شبانه‌روز سرعت و جهت وزش باد تغییر می‌کند و لذا تولید برق با کیفیت و فرکانس مناسب در توربین‌های بادی نیازمند استفاده از تجهیزات پیچیده و کامپیوتر جهت کنترل نیروگاه بادی است. برج در توربینهای بادی روتور و ناسل بر روی خود حمل می‌کند و می‌تواند ارتفاعی در حدود ۳۰ تا ۴۰ متر داشته باشد.

ارتفاع بالای برج امکان جذب انرژی بیش تر را فراهم میکند. وزن برجهای توربینهای بادی در حال ساخت در داخل کشور در حدود ۴۰ تن می‌باشد. وزن ماشین‌خانه نیز در حدود ۲۱ تن است که از پیچیده‌ترین فن آوری های روز دنیا در ساخت تجهیزات داخل آن استفاده می‌گردد، لازم به توضیح است براساس تئوری بتز[5] حداکثر انرژی قابل استحصال از باد به وسیله پره‌های یک توربین بادی در یک منطقه معادل ۵۹٪ از کل انرژی جنبشی باد است. یعنی در شرایطی ایده آل که هیچ گونه اتلاف انرژی صورت نگیرد، بیشتر از ۵۹٪ انرژی باد را نمی‌توان دریافت نمود.



شکل (۲): شماتیک اجزای اصلی توربین بادی مولد برق از نوع محور افقی

۴- وضعیت باد در اقلیم ایران

برای اینکه بتوان از منابع باد موجود در کشورمان ایران جهت تولید برق استفاده نمود، شناخت وضعیت آب‌وهوایی (بادیهای محلی و منطقه‌ای) و وجود اطلاعات باد قابل اعتماد در خصوص پتانسیل باد منطقهٔ مورد نظر جهت احداث نیروگاه بادی ضروری است.

ایران در بخش غربی فلات و در جنوب غرب آسیا واقع شده است که بین طول جغرافیایی شرقی ۴۴ تا ۶۳/۹۹ درجه و عرض شمالی ۲۵ تا ۳۹/۹۹ درجه قرار گرفته و بیش از نیمی از مساحت

1-Darius
2-Savonius
3-Pitch Control
4-Yaw Control
5-Betz

آن را نواحی کوهستانی پوشانده است. بنابراین که با تنوع آب و هوایی زیادی روبروست. نواحی شمالی ایران دارای آب و هوای معتدل و بارندگی قابل ملاحظه به ویژه در نواحی غربی استان گیلان است. آب و هوای نواحی غربی ایران در فصول سرد، سرد و مرطوب و در فصول گرم، خشک و معتدل است. در نواحی جنوبی، دمای هوا و رطوبت بیشتر است، تابستانهای بسیار گرم و زمستانهای معتدل از مشخصات آب و هوایی این ناحیه است و تغییرات روزانهٔ دما کمتر محسوس می‌باشد. نواحی شرقی و جنوب شرقی دارای آب و هوای بیابانی با تغییرات قابل ملاحظهٔ دما در طول روز است.

کشور ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و قرار گرفتن در یک منطقه کم‌فشار نسبت به مناطق پرفشار شمال و شمال باختر، به طور کلی در زمستان و تابستان در مسیر بادهای عمده قرار دارد. در زمستان فشار جوّ در منطقه ایران نسبت به فشار جوّ در آسیای مرکزی (سیبری) و اقیانوس اطلس کم است و به همین دلیل این منطقه در مسیر بادهای سرد آسیای مرکزی از یک طرف و بادهای مرطوب اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه از طرف دیگر واقع شده است.

در تابستان، ایران از یک طرف تحت تأثیر بادهای اقیانوس اطلس که از شمال شرق می‌وزند و از طرف دیگر تحت تأثیر بادهای اقیانوس هند که از جنوب شرقی می‌وزند، قرار دارد. برخی از بادهای منطقه‌ای معروف ایران، بادهای یکصد و بیست روزه سیستان در شرق کشور، باد معروف شمال در کرانه‌های خلیج‌فارس، باد خوش‌آباد در دشت گرگان، دیزباد بین مشهد و نیشابور و باد سام در خوزستان است. این بادها اکثراً چه در تابستان برای نفوذ به قسمت‌های داخلی ایران با رشته‌کوه‌ها و کوه‌های فوق‌الذکر برخورد می‌کنند، مقدار اندکی از این انرژی بادی از بالای تپه‌ها و کوه‌های کم ارتفاع وارد قسمت‌های داخلی ایران می‌شود و قسمت اعظم این جریان‌های پرانرژی از طریق دالان‌ها و دره‌های عمیق بین کوهها با سرعت نسبتاً زیاد به قسمت‌های داخلی ایران نفوذ می‌کند.

بادهایی که در فلات ایران می‌وزد هرکدام در گویشهای محلی نامی ویژهٔ خود دارد و نام معمول بادها که به چهار جهت اصلی اشاره دارد، با بسیاری از اصطلاحات دقیقتر همراه است .

۴-۱- بادهای زمستانی

ایران معمولاً تحت تأثیر مرکز هوای فشردهٔ آسیایی است و درنتیجه دارای هوایی ملایم و خشک است که به طورکلی از شمال و شمال شرقی جریان دارد. این بادها در بسیاری جاها صرفاً «شِمال» و در کرمانشاه «باد سیاه» می‌خوانند. این وضع ثابت، کم‌وبیش مرتباً بر اثر کاهش فشار هوایی که از سوی مغرب جریان دارد بر هم می‌خورد. این جریان بیشتر مسیری شمالی را در قفقاز می‌پیماید، سپس از دریای خزر و شمال خراسان و کوههای هندوکش می‌گذرد و مسیر جنوبی آن تا خلیج فارس ادامه می‌یابد. وزش این بادها سبب تشکیل انواع گوناگون هوای متغیر می‌شود. در کرانه های دریای مازندران بادی به نام «سَرتوک» یا «سَلتوک» جریان دارد که در پاییز هنگام عبور جبههٔ کم فشار مستقیماً از سوی شمال شرقی می‌وزد، ولی در اواسط زمستان جبههٔ کم فشاری را که در آن زمان در حوضهٔ جنوبی دریا قرار دارد دور می زند یا مستقیماً از دریا به صورت باد شمال ـ شمال غربی، موسوم به «خزری» یا در امتداد ساحل به صورت باد شمال غربی، موسوم به «دشت وا» یا در نواحی شرقی تر به نام «وارش وا» یعنی «باد باران زا»، به سواحل گیلان می‌رسد. در سواحل خلیج فارس، به دنبال عبور جبههٔ کم فشار هنگامی که باد سردی شبیه باد سرد و خشک مدیترانه‌ای از سوی فلات ایران می‌وزد، مدت کوتاهی هوا به سردی می‌گراید؛ در فارس آن را «گُهره» می نامند. گاه پدیدهٔ مشابهی در فلات جنوب البرز پدید می‌آید، و آن هنگامی است که جبههٔ کم فشاری در امتداد جناح جنوبی آن سلسله کوهها جریان می‌یابد. از سوی دیگر، هنگام عبور جبهه های کم فشار، گرمبادهایی، که پس از عبور از کوهستانها گرمتر می‌شود، از دامنه های شمالی ارتفاعات به پایین می‌وزد. این پدیده در جاهای مختلف فلات واقع در جانب شمال شرقی زاگرس روی می‌دهد، و با بادهایی که پس از عبور از فراز سوریه و عراق گرمتر شده همراه است، مانند «گرمیش » در میانه و «گَرمیج » در اردبیل. این وضع بویژه در شیب تند شمالی البرز نگران کننده است، زیرا این باد گرم (گرمش، گرمیش) ممکن است جنگلها را به آتش بکشد یا سبب ذوب ناگهانی برفها و ایجاد سیلاب شود، که به همین دلیل، آن را «برف خور» نیز می‌خوانند.

۴-۲- بادهای تابستانی

هوا در تابستان، عموماً به سبب گسترش هوای فشردهٔ نیمه استوایی ، گرم و خشک و ثابت است . پژوهشهای هواشناسی حاکی از افت بسیار منظم فشار هوا از شمال و شمال غربی به طرف مرکز فشار کم در شمال غربی شبه قارهٔ هند است . بدین ترتیب در خوزستان و کرانهٔ خلیج فارس ، باد شمال غربی که «شَمال » خوانده می شود در سراسر فصل گرما می وزد. در مشرق و جنوب شرقی فلات (سیستان ، جنوب خراسان ، کویر لوت)، وزش «باد صد و بیست روزه » از اوایلِ خرداد تا اواخر شهریور نخست فقط در بعدازظهر ولی از اواسط فصل در تمام طول روز و شب با نظمی خارق العاده ادامه دارد. گاه بسیار شدید است، ولی بندرت از ۱۰۰ یا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت تجاوز می کند و اغلب در حد سی یا چهل کیلومتر در ساعت یا کمتر است. پشته ها («کلوت »ها)ی شبه ویرانه‌ای که این باد در شنهای نرم جنوب کویر لوت پدید آورده دارای همین جهت شمال -شمال غربی به جنوب -جنوب شرقی است و حکایت از دوام و شدت باد

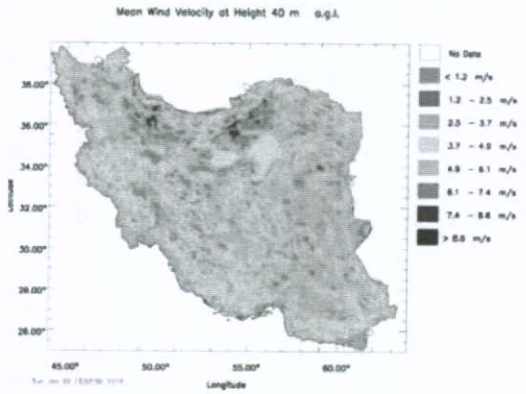
دارد. استفاده از این باد به عنوان منبع انرژی از زمانهای بسیار دور آغاز شده است و سیستان و جنوب خراسان از مراکز مهم استفاده از امکانات آسیای بادی هستند. در وزش ثابت تابستانی، جریانهای محلی باد یا نسیم که پیوسته از فرا درّه به فرو درّه و بالعکس تغییر می کند، مهم است . از جمله می توان از باد مشهور مَنجیل، شهری واقع در راه رشت - قزوین در درّهٔ سفیدرود، نام برد. این باد در بعد از ظهرهای تابستان از شمال شرقی به طرف جنوب غربی می‌وزد. در منطقهٔ تهران، نسیمی را که از اوایل فروردین به بعد به سوی ارتفاعات میوزد باعث بهتر جوانه زدن گلها می‌پندارند و به همین دلیل آن را «بادِ گل سرخ » می‌نامند. تنها منطقه هایی که در معرض وزش ثابت بادهای تابستانی نیست دامنه های شمالی البرز و بخشهای جنوب شرقی افغانستان است که بقایای بادهای موسمی اقیانوس هند به آن می‌رسد. طوفانهای تابستانی که از این بادهای موسمی ناشی می‌شود گاهی در جنوب شرقی ایران و حتی در فارس نیز رخ می‌دهد، ولی بسیار نادر است. معمولاً خلیج فارس و کرانه‌های جنوب شرقی ایران در تابستان فقط در معرض نسیم دریا از سوی شرق (شرقی) قرار دارند. این نسیم که بسیار مرطوب است هوا را بسیار سنگین می‌کند، ولی بارندگی به دنبال ندارد.

۴-۳- بادهای بهاری

هوای متغیر تنها در فاصلهٔ پایان زمستان و آغاز تابستان، یعنی در ایام بهار، وجود دارد. مراکز محلی هوا با فشار کم، در این ایام، در مناطق پستِ فلات ایران و غرب آسیای مرکزی گسترش می‌یابد و گاه سبب رگبارهای همرفتی و گرد و غبار و طوفان شن می‌شود. در این فصل احتمال وقوع طوفانِ خاک بسیار است. این گردبادها در بعد از ظهرها در مناطقی روی می‌دهد که حرارت آنها متغیر است و به اعتقاد عوام دیو تنوره می‌کشد. اینگونه گردبادها گاه در تابستان نیز رخ می‌دهد. از سوی دیگر، ایران بندرت دچار بادهای جنوبی گرم و خشک از نوع خمسین می‌شود که غالباً در بهار، هنگام عبور جبهه ای از هوای کم فشار از دریای مدیترانه، به کشورهای ساحل آن دریا هجوم می‌آورد. این وضع گاهی در خوزستان و حتی در بلوچستان رخ می‌دهد، ولی چون باد از خلیج فارس یا دریای آزاد عبور می‌کند، همیشه مقداری رطوبت به همراه دارد.

۵- اطلس باد

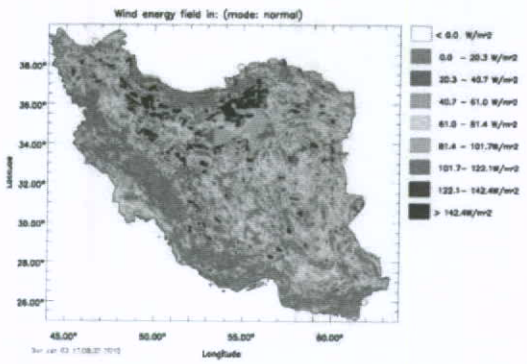
برای شناخت دقیق وضعیت بادها در سطح کشور و استفاده از این انرژی رایگان خدادادی، در راستای فعالیتهای گوناگون در زمینه انرژی های تجدید پذیر، سازمان انرژیهای نو ایران، اطلس و نقشهٔ باد ایران را تهیه نموده است. با استفاده از این نقشه می توان مناطق مناسب جهت انجام پروژه های انرژی باد و احداث نیروگاه بادی را ارزیابی نمود.نگاهی به اطلس باد ایران، رویکرد به استفاده از توربینهای بادی را به وضوح بیان می‌کند. اطلس باد ایران بر اساس ۱۲ جهت وزش باد و برای تمام نواحی ایران توسط سازمان انرژیهای نو ایران (سانا) تهیه شده و نقشه آن به صورت گرافیکی در شکل (۳) ارائه شده است:



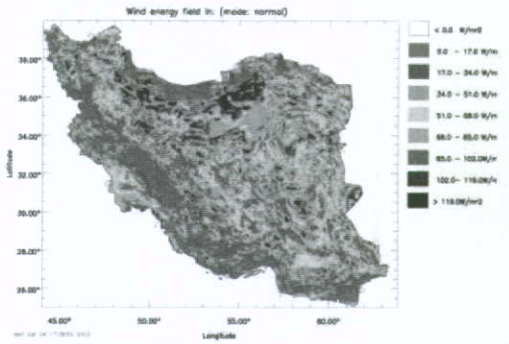
شکل (۳): نقشه اطلس باد کشور در ارتفاع ۴۰ متری

در تهیه اطلس باد ایران، محاسبات براساس شبیه‌سازی عددی جریان و با استفاده از مدل اتمسفریک سه بعدی Klimm انجام شده است. این مدل نرم‌افزاری در انستیتوی فیزیک اتمسفر دانشگاه ماینتز آلمان تهیه شده است. با استفاده از شبیه‌سازی‌های Mesoscale اتمسفر، علاوه بر شرایط باد منطقه، ساختار توپوگرافی و کاربری اراضی نیز مد نظر قرار گرفته و برای انجام محاسبات، اندازه عددی هر شبکه معادل ۳۰ آرک ثانیه (حدود ۱۰۰۰ متر) مورد استفاده قرار گرفته است .

در این مدل نرم‌افزاری علاوه بر اطلس سرعت باد، اطلس انرژی باد نیز گنجانده شده است. از قابلیتهای این نرم‌افزار، محاسبه انرژی براساس تغییرات چگالی و برونیابی نتایج برای ارتفاع های ۴۰ متر، ۶۰ متر و ۸۰ متر می باشد. قابلیتهای ذکر شده این نرم افزار در شکلهای (۴) و (۵) نشان داده شده است.



شکل (۴): نقشه اطلس انرژی باد کشور در ارتفاع ۴۰ متری



شکل (۵): اطلس انرژی باد کشور با در نظر گرفتن تغییرات چگالی با ارتفاع در ارتفاع ۴۰ متر

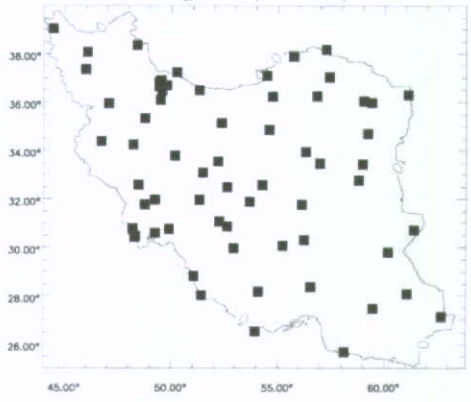
همانطور که در شکل (۵) در مقایسه با شکل (۴) به وضوح دیده می شود در توزیع غیر یکنواخت چگالی با ارتفاع سطح، انرژی ها نیز تغییر می‌کند. زیرا که با تغییر ارتفاع چگالی تغییر می‌کند.

۵-۱- ایستگاه های ثبت اتوماتیک آمار باد

برای بدست آوردن اطلاعات سرعت باد، نیازمند قرار دادن ایستگاههای ثبت آمار در مناطق مختلف ایران خواهیم بود. این ایستگاهها براساس نتایج حاصل از نقشهٔ باد ویرایش صفر (از روی اطلاعات ایستگاههای سینوپتیک و اطلاعات جهانی) محل استقرار ایستگاههای بادسنجی با در نظر گرفتن عوامل ذیل انتخاب گردیده اند:

- ✓ سایت مورد نظر باید از موانع طبیعی و یا مصنوعی دور بوده و از نظر شرایط توپوگرافی نمایندهٔ ناحیهٔ منتخب باشد.
- ✓ سرعت باد در منطقه باید از شرایط خوب برخوردار باشد.
- ✓ ایستگاهها باید در سراسر کشور پراکنده باشند تا اطلاعات باد کافی و قابل قبول برای کلیهٔ مناطق کشور از جمله نواحی ساحلی و جزایر مستعد فراهم گردد.
- ✓ محل نصب ایستگاهها باید به آسانی قابل دسترسی باشد تا download کردن، انتقال اطلاعات و حفاظت فیزیکی از آنها تسهیل گردد.
- ✓ نواحی که اطلاعات جمع آوری شدهٔ قبلی در آنها نتایج متناقض نشان داده باشد، در جریان این عملیات بادسنجی مورد بررسی دقیق قرار خواهند گرفت.
- ✓ با توجه به محدود بودن تعداد ایستگاهها ، محل آنها طوری انتخاب شده تا با استفاده از اطلاعات ثبت شده در این ایستگاهها ، شرایط باد نواحی اطراف قابل محاسبه باشد.
- ✓ اطلاعات ایستگاههای هواشناسی که در آنها سرعت و جهت باد هر سه ساعت یکبار و تنها در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین برداشت گردیده است برای ارزیابی پتانسیل باد و مطالعات امکان سنجی نیروگاههای بادی کافی نبوده و این ایستگاهها عموماً در مجاورت شهرها قرار داشته‌اند. لذا برای ارزیابی دقیق پتانسیل و وسعت حوزهٔ بادخیز نصب ایستگاههای بادسنجی مجهز به سنسورهای پیشرفته با قابلیت اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه‌ای و در ارتفاعهای مختلف از سطح زمین (در این پروژه ۱۰، ۲۰ و۴۰ متر) به منظور شناسایی پروفیل سرعت باد الزامی است.
- ✓ با توجه به محدودیت تعداد ایستگاهها اولویت بندی محل ایستگاهها ضروری است.

موقعیت ایستگاههای نصب شده در شکل (۶) آورده شده است.



شکل (۶): موقعیت ایستگاههای نصب شده در اطلس باد

پس از پایان عملیات بادسنجی، نقشه به روز شده ویرایش اول باد آماده گردیده و براساس آن، امکان انتخاب سایتهای مناسب جهت احداث نیروگاههای بادی و همچنین جانمایی توربینها در درون سایتها (مزارع بادی) نیز میسر خواهد گردید.

۵-۲- بررسی اطلس و ایستگاههای نصب شده

هدف اصلی از این نقشه، تسهیل مکان یابی مناطق مستعد و پرپتانسیل باد در سراسر کشور، جهت احداث نیروگاههای بادی است. در عین حال این نقشه می‌تواند به عنوان ابزاری جهت نشان دادن پتانسیل باد هر منطقه به منظور جذب سرمایه گذاران برای احداث نیروگاه بادی استفاده شود.

ذکر این نکته ضروری است که سرعت میانگین سالانه باد به تنهایی نمی‌تواند برای محاسبه دقیق تولید انرژی توسط توربین باد، که برای انجام تجزیه و تحلیل اقتصادی مورد نیاز است، مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه بکارگیری نرم‌افزارهای مربوطه مثل WindPRO و WAsP لازم است.

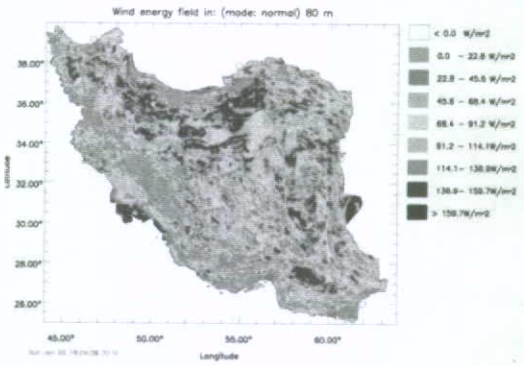
بدون تردید، یکی از مهمترین عوامل دقت در اطلسهای سرعت و انرژی باد، دقت در نصب ایستگاههای بادسنجی می‌باشد. استفاده از شبکه بندی منظم و حساب شده، درصد این خطاها را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داد. ارتفاع دکلهای مورد استفاده برای تهیه اطلس باد کشور برابر ۴۰ متر می‌باشد که با توجه به ارتفاع توربینهای مگاواتی (حدود ۶۰ تا ۱۰۰ متر) چنانچه، همچون اتحادیه اروپا، ارتفاع متوسط ۸۰ متری برای تمام کشور مد نظر قرار می‌گرفت، دقت بیشتری داشت و همچنین بدلیل

وضعیت جغرافیایی کشور، تعداد دکلهای استفاده شده را بیشتر از این (حدود ۶۰ دستگاه) در نظر می‌گرفتیم (برای اتحادیه اروپا در ویرایش اولیه ۳۰۰ دستگاه منظور شده است). همچنین با توجه به وضعیت پروژه (ضرورت تهیه سریع این اطلس) هر ایستگاه بلافاصله پس از نصب راه‌اندازی گردیده و مدت زمان برداشت اطلاعات یکسان نیست، که نشانگر توأم نبودن راه‌اندازی تمام ایستگاهها است. این موضوع خود عاملی برای ایجاد خطا در اندازه‌گیریها است. اصولاً موفقیت در مکان یابی مناسب برای سایتها منوط به این چیدمان و دقت آنها است. بگونه‌ای که در بعضی مناطق بدلیل فاصله زیاد ایستگاهها و موقعیت نامناسب ایستگاهها نسبت به هم، در درونیابی نتایج پیوسته اختلال ایجاد می‌کند.

۵-۳- پتانسیل استفاده از انرژی باد در کشور

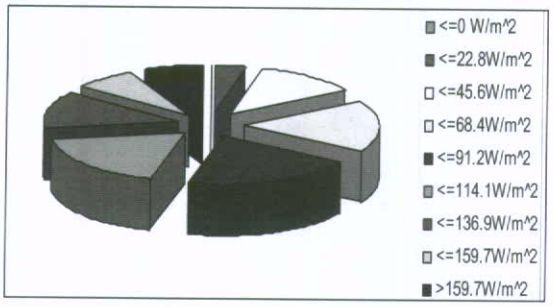
کشور ایران ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومترمربع مساحت دارد که بیش از ۵۰٪ آن کوهستان، ۱۰٪ دشت حاصلخیز و بقیه را دشت کویر و لوت تشکیل می‌دهد. رشته کوه‌های تالش، البرز، کپه داغ، زاگرس، مکران و کوههای شرق این کشور را محصور کرده‌اند و با توجه به اینکه دریای خزر در شمال با ارتفاع ۲۸ متر از سطح دریاهای آزاد و کوه دماوند با حدود ۶۰۰۰ متر ارتفاع و دریای عمان با ارتفاع صفر در جنوب، آن را احاطه کرده‌اند، تنوع ارتفاعی بسیار محسوسی در ایران مشاهده می‌شود.

با توجه به اینکه ارتفاع مناسب برای توربین های مگاواتی (توربینهای امروزی) ۱ تا چند مگاواتی (<۵) حدود ۶۰ تا ۱۰۰ متر است، بنابراین برای استفاده از این نوع توربینها نتایج در ارتفاع ۸۰ متری نیز بررسی شده است. نتایج با در نظر گرفتن تغییرات چگالی با ارتفاع، محاسبه شده است. شکل (۷) نمونه‌ای از این نقشه‌های انرژی می‌باشد.



شکل (۷): اطلس انرژی باد کشور در ارتفاع ۸۰ متری

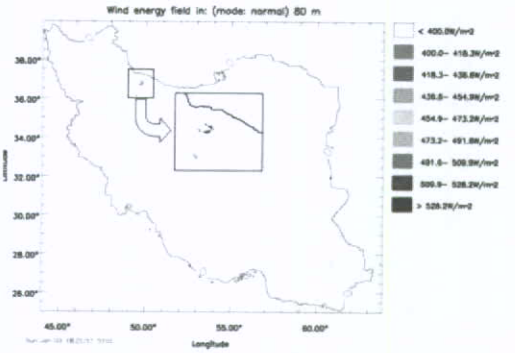
بررسی نتایج اطلس انرژی باد در ارتفاع ۸۰ متری نشان می‌دهد که کمتر از ۰/۰۱ ٪ از مناطق ایران فاقد هیچگونه انرژی بادی می‌باشد و کل توان انرژی تولیدی از طریق باد حدود ۱۳۶۸۹۱.۷ گیگاوات است که البته مجموع کل انرژی حاصل از باد است. استفاده از تمامی این انرژی بدلایلی مانند ناهمواریهای شدید، عدم دسترسی و موقعیت نامناسب، عدم تجمیع اراضی مستعد در کنار هم، مناطق طوفانی و ... امکان برداشت با صرفه اقتصادی (با توجه به قیمت بالای احداث این نیروگاهها در مقایسه با سایر نیروگاهها) را ندارد. *بدین دلیل هر منطقه باید بصورت خاص و مجزا مورد بازبینی قرار گیرد و امکانات احداث نیروگاه درآن بطور دقیق بررسی گردد.* تقسیم بندی انرژی در ایران بر اساس مساحت در نمودار شکل (۸) نشان داده شده که در ادامه به تفضیل بیان شده است.



شکل (۸): تقسیم انرژی بر حسب میزان تولید، از روی اطلس باد

همانطور که در شکل (۸) به وضوح دیده می شود حدود ۲۰٪ از مساحت ایران دارای انرژی ۷۰ تا ۹۰ وات بر متر مربع می باشند و بیش از ۷٪ مساحت آن بیش از ۱۵۹ وات بر متر مربع امکان تولید تئوری انرژی بادی دارند.

مناطق خاصی از ایران هستند که ظرفیت تولید تئوری آنها بر اساس داده های ایستگاهها بسیار بالا می‌باشد. بعنوان مثال حدود ۰.۰۳ ٪ از خاک ایران دارای انرژی بالاتر از ۴۰۰ وات بر متر مربع می‌باشند. که همین مساحت به ظاهر کوچک، ۳۸۵۰۰ هکتار، بیش از ۱۸۲ گیگا وات توان تولید انرژی بادی دارند. این مناطق در نقشه شکل (۹) آورده شده است. حدود ۷۸ کیلومتر مربع (۷۸۰۰ هکتار) انرژی بالاتر از ۵۳۰ وات بر کیلومتر مربع دارند.



شکل (۹): مناطق با بالاترین پتانسیل از روی اطلس باد

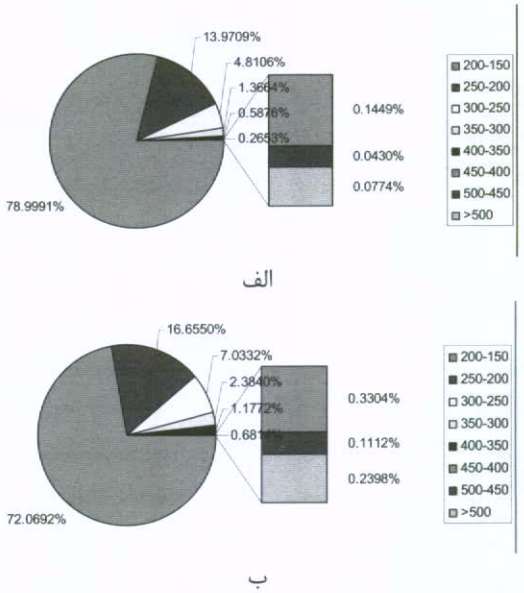
در فاصله بین ۳۵۰ تا ۴۰۰ وات بر متر مربع، ۸۵۲.۸۴ کیلومتر مربع از اراضی ایران قرار دارند که ۰/۰۵٪ از مساحت ایران می‌باشد و انرژی تئوری معادل در این مناطق ۳۱۵ گیگا وات می‌باشد.

در حدود ۰/۱۳٪ از ایران دارای انرژی کل تئوری معادل ۶۳۸ مگاوات در مساحت ۱۹۸۳/۲۲ کیلومتر مربع می‌باشند که در فاصله ۳۵۰ تا ۳۰۰ وات بر متر مربع قرار دارند.

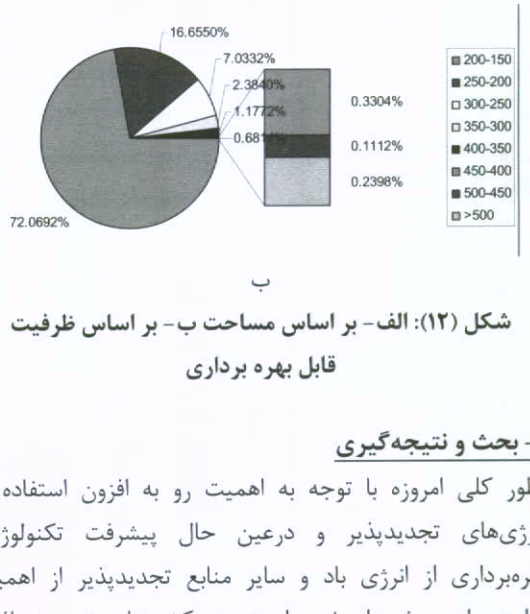
همچنین در محدوده ۳۰۰ تا ۲۵۰ وات بر متر مربع، حدود سه برابر بازه قبلی توان تولیدی محاسبه شده است که البته مساحت این ناحیه بیش از ۳/۵ برابر ناحیه قبلی می‌باشد و ۰/۴۷٪ اراضی ایران را تشکیل می‌دهد.

در فاصله بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ وات بر متر مربع، ۲۰۲۷۷/۲۲ کیلومتر مربع از اراضی ایران قرار دارند که ۱/۳۵٪ از مساحت ایران می باشد و انرژی تئوری معادل در این مناطق ۴۴۵۶/۵۲ گیگا وات می باشد. در نمودارهای شکل (۱۰) این موارد بیشتر نشان داده شده اند.

در آخرین تقسیم بندی یعنی در رنج ۱۵۰ تا ۲۰۰ (کمتر از ۱۵۰ در ابتدا آورده شده است) حدود ۷.۶٪ از سرزمین مان توانایی تولید ۱۹۲۸۴/۲۲ گیگا وات انرژی از ۱۱۴۶۵۸/۳۲ کیلومتر مربع را دارد.



الف



ب

شکل (۱۲): الف- بر اساس مساحت ب- بر اساس ظرفیت قابل بهره برداری

۶- بحث و نتیجه‌گیری

بطور کلی امروزه با توجه به اهمیت رو به افزون استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و درعین حال پیشرفت تکنولوژی، بهره‌برداری از انرژی باد و سایر منابع تجدیدپذیر از اهمیت فزاینده ای برخوردار شده است. در کشورهای توسعه یافته، استفاده از انرژی باد از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. تحقیقات اخیر نشان داده است که میزان رشد انرژی باد در هر سال بسیار بیشتر از رشد سایر انرژی‌ها بوده است. در ایران نیز با توجه به وضعیت خاص جغرافیایی، سرزمین‌های بسیاری وجود دارند که منابع قابل توجهی در زمینه استحصال انرژی‌های تجدیدپذیر بخصوص باد به شمار می‌روند. استفاده و توسعه انرژی باد در کشور با توجه به پتانسیل موجود بصورت پایلوت ضروری است و در صورت افزایش توجیه اقتصادی آن به یک الزام ملی تبدیل خواهد شد.

همچنین لازم است برای جلوگیری از خطاهای احتمالی و سهوی در این مورد و همچنین تدقیق این اطلس بدلیل وجود آب و هوای متنوع در سطح کشور ایران و منطقه و گستردگی وسیع سطح کشور، با احداث دکلهای بادسنجی با ارتفاعات بالاتر و در مکانهای متفاوت از شبکه بندی قبلی، ویرایشهای بعدی این اطلس سریعاً تهیه گردد. البته بهتر می‌بود که از روشهایی جدیدی مثل استفاده از اطلاعات ماهوارهای و . . . این کار در مدت زمان کمتر و با دقت بالایی صورت می‌گرفت.

۶-۱- جمع بندی

- ✓ روش استفاده شده برای اطلس باد کشور (احداث ایستگاههای بادسنجی یکساله در سطح وسیع کشور)، برای جلوگیری از احتمال برداشت در سالهای غیرعادی و وقوع پدیده‌های دوره‌ای اقلیمی، نیاز به این دارد که این ایستگاهها در چندین دوره تکرار گردد.
- ✓ همچنین بدلیل اینکه اغلب توربینهای جدید مگاواتی ارتفاعات بالایی داشته و همچنین جلوگیری از وجود موانع طبیعی و مصنوعی در سطح کشور نیاز به استفاده از دکلهای بلند قامت در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ متری می‌باشد.
- ✓ برای بررسی وضعیت انرژی باد در هر منطقه، علاوه بر استفاده از اطلس انرژی باد، بازدید منطقه‌ای به همراه جمع آوری اطلاعات بومی خاص آن منطقه و دریافت و بررسی اطلاعات ایستگاههای سینوپتیک هواشناسی و . . . نتایج را قابل استنادتر می‌کند.
- ✓ در ایران توان تئوری انرژی حاصل از باد بسیار بالاست، عدد بدست آمده توسط نرم‌افزار Klimm برابر ۱۳۶۸۹۱/۷ گیگا وات است، ولی به دلایل مختلفی که توضیح داده شد، نمی‌توان از درصد بسیار زیادی از آن بهره برداری اقتصادی انجام داد و شاید بتوان با بررسیهای دقیقتر و جامع تا ۳۰ درصد این انرژی را استحصال نمود.
- ✓ تنها حدود ۰/۰۱ ٪ از اراضی ایران فاقد انرژی باد هستند. ولی این بدان معنی نیست که از ۹۹/۹ ٪ سطح کشور می‌توان انرژی استخراج کرد.
- ✓ وجود ناهمواریهای مختلف در سطح ایران عامل مهمی در بوجود آوردن مناطق بادخیز می‌باشند. ولی همین ناهمواریها، در بسیاری از مناطق، امکان بهره برداری از آن را غیر ممکن و بدون صرفه اقتصادی می‌کند.
- ✓ بادهای تابستانه بدلیل گرمای هوا و درنتیجه کم شدن چگالی هوا، توان تولید انرژی کمتری دارند، همچنین از طرفی کل این بادها در این فصل در ایران کم بوده و بهره

برداری از آن می تواند به تولید انرژی در این محدوده زمانی پر مصرف کمک کند، اما این نکته باید مد نظر باشد که اکثر مناطق شامل این بادها (بجز برخی مناطق سرد مانند منجیل) تنها در فصل تابستان دارای باد می‌باشند و در فصول دیگر تقریباً فاقد باد هستند. متوسط سرعت در این ماهها بالا و تا ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت هم می‌رسد که از سرعت باد نامی‌تولید توربینها بسیار بیشتر است و حتی از سرعت قطع کارکرد هم بیشتر است.

- ✓ وجود راههای دسترسی مناسب برای حمل و نقل تجهیزات، عدم ناهمواری و در نهایت پتانسیل انرژی باد، می‌تواند یک منطقه را به سایت مناسب تبدیل کند.

مراجع

[1] European Wind Energy Association; www.ewea.org

[2] World Wind Energy Association, www.wwindea.org/home

[3] http://www.thewindpower.net/country-datasheet-6-denmark.php

[4] Joseph H. McIntyre, William D. Lubitz, and Warren H. Stiver School of Engineering, University of Guelph, Guelph, Ontario, N1G 2W1, Canada; "Wind Energy Resource Assessment and Siting Analysis Using Wind Atlas and Meteorological Data for the City of Guelph, Canada.pdf"

[5] Wind Power formula II.doc; ion: http://www.awea.org/faq/windpower.html

[6] Textbook_Wind1.pdf; WIND ENERGY PROJECT ANALYSIS CHAPTER ANALYSIS; RETSCREEN Disclaimer® ENGINEERING & CASES TEXTBOOK; **www.retscreen.net**

[7] Takeshi KAMIO, Makoto IIDA and Chuichi ARAKAWA; Department of Mechanical Engineering, The University of Tokyo 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, JAPAN "INFLUENCES OF THE ESTIMATING METHODS ON WEIBULL PARAMETERWIND SPEED DISTRIBUTION IN JAPAN"

[۸] مهدی شریفی، "بررسی توزیع آماری ویبول در تخمین تولید برق از توربینهای بادی در ایران" بیست و یکمین کنفرانس بین-المللی برق 98-F-REN-881

[۹] مهدی شریفی، "امکانسنجی احداث نیروگاه برق بادی در جرندق تاکستان با توجه به پتانسیل جریان باد منطقه" بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق 98-F-REN-848

[۱۰] حامد حوری جعفری، احسان هاشمی، آرزو حبیبی، فرشته پور اسماعیل، الهه فرمد؛ "ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از انرژی باد در ایران"؛ موسسه مطالعات بین المللی انرژی، گروه مدیریت انرژی، شرکت ناموران، بخش مهندسی مکانیک، سمپاد

بیوگرافی

آقای جواد راحلی‌سلیمی دارای کارشناسی ارشد هواشناسی از دانشگاه تهران بوده و جمعاً دارای ۹ سال سابقه کار در زمینه انرژی بادی شامل: شناخت انرژی باد- طراحی نیروگاههای بادی- دستگاههای هواشناسی و بادسنجی و اطلاعات هواشناسی می‌باشد. زمینه کاری و علاقمندی آقای مهندس راحلی در پتانسیل سنجی و طراحی مهندسی در زمینه نیروگاههای بادی می‌باشد.

Email: Jrsalimi1@gmail.com

آقای محمود داودی دارای کارشناسی ارشد انرژی از دانشگاه صنعتی شریف بوده و جمعاً دارای ۲ سال سابقه کار در زمینه انرژیهای‌تجدیدپذیر و ممیزی انرژی در شرکت قدس نیرو دارد. زمینه کاری و علاقمندی ایشان ممیزی انرژی و انرژیهای تجدیدپذیر می‌باشد.

Email: mhm.davoudi@gmail.com

مکانیزم تعیین قیمت خدمات مهندسی

عباس شفیعی

سرپرست پروژه مستندسازی سد سفیدرود - SBU آب

کلمات کلیدی: تعیین قیمت، بازار رقابتی، خدمات مهندسی، بازار ناشناخته

چکیده

شرایط تعیین قیمت خدمات مهندسی با توجه به رقابت شدیدی که با گسترش و تعدد شرکتهای ارائه دهنده خدمات مهندسی به وجود آمده نسبت به گذشته بسیار دگرگون گردیده است. بطوریکه شرکتهای ارائه دهنده این خدمات به جای رویه سنتی تعیین قیمت از این پس مجبور به اتخاذ روشهایی نوین و مبتنی بر اصول اقتصادی خواهند بود. این مقاله در ادامه به بررسی یکی از این روش‌ها (سنجش بازار کالای راکفلر) پرداخته است.

۱- مقدمه

بازار عرضه خدمات مهندسی تا پیش از این بازاری شبه انحصاری بوده است. بطوریکه شرکتهای ارائه دهنده خدمات یا وارد رقابت نمی‌شدند و یا در صورت مجبور شدن به رقابت، با ارائه خدماتی متمایز و خاص انحصار را باز تولید می‌کردند لذا چنین بازاری از لحاظ نظری شبه انحصاری بود.

با گسترش شرکتهای ارائه دهنده خدمات شرایطی پدید آمده است که ارائه دهندگان خدمات مهندسی به ویژه شرکتهای دانش محور در رقابتی قیمتی انتخاب می‌گردند. در گذشته شرکتهای بزرگ، رقابتی غیر قیمتی را برمی گزیدند. بطور مثال با جلب رضایت مشتریان یا ارائه خدماتی خاص و متمایز بازارهای جدید را به روی خود می‌گشودند. اکنون در شرایطی هستیم که مکانیزم قیمت بازار بعنوان مهمترین عامل (نه تنها عامل) در خرید و فروش خدمات مطرح گردیده است.

حال شرکتهای بزرگ و برندهای اصلی خدمات مهندسی که به دلیل جنس و سطح خدماتشان متکی بر تکنولوژی تولید نسبتاً گران هستند در کنار شرکتهای کوچک و با بهره‌وری بالا مورد ارزیابی واقع می شوند. لذا شرکتهای بزرگ اگر بخواهند در بازار باقی بمانند باید با تدوین نظامنامه تعیین قیمت و نیز بازنگری در شاخص‌های بهره‌وری سازمانی، خود را برای رقابت آماده‌تر سازند.

۲- ویژگی های خدمات مهندسی

در دیدگاه خریداران هرچند خدمات مهندسی تقریباً یکسانند اما این نوع خدمات از لحاظ فنی عموماً بدون جانشین هستند. بطور مثال خدمات شرکت (الف) با شرکت (ب) در یک رسته خاص هیچگاه بطور کامل بر هم منطبق نیست. بدیهی است که دستورالعملهای ملی و بین‌المللی نیز تنها حداقل‌ها را تعیین کرده و از دیدگاه حداکثری، این خدمات اغلب غیر قابل مقایسه می‌باشند.

از سوی دیگر خدمات مهندسی اغلب حلقه ای از مجموعه کالا یا خدمات واسطه ای هستند، لذا هرگونه سرمایه گذاری بر روی ارتقاء کیفیت آنها زمانبر است. بدین دلیل که این گونه خدمات حلقه‌ای واسطه‌ای از کالای نهایی بوده و به دلیل مبتنی بودن بر فناوریهای پیشرفته، سیر تکامل آنها بستگی مستقیم به فرآیند عمومی توسعه صنعتی کشور دارد.

لذا توجه به رشد خلاقیت سازمانی و تولید علم با خارج ساختن بنگاه از فضای رقابت به فضای انحصاری موجب ارتقاء ارزش افزوده خدمات سازمان خواهد شد. چرا که در این حالت این مشتریان هستند که خدمات شما را مطالبه میکنند.

۳- مکانیزم های فعلی تعیین قیمت

دغدغه فعلی شرکتهای بزرگ و برندهای معتبر کاهش قیمت‌های بازار و از سوی دیگر افزایش هزینه‌های بالاسری آنهاست. تعیین قیمت در شرایط فعلی به یکی از روشهای ذیل انجام می شود:

۱- روش هزینه : در این روش بر اساس نفر- ساعت‌های لازم برای انجام خدمات و دانستن قیمت هر نفر- ساعت در سازمان، هزینه متوسط ارائه خدمات ارزیابی شده و با انتخاب یک حاشیه سود مطمئن پیشنهاد می‌گردد.

۲- روش تعرفه‌ای: در این روش بر اساس برآورد دستگاه مناقصه‌گذار و استفاده از روشهای ارائه شده در دستورالعملها قیمت تعرفه‌ای انجام خدمات محاسبه می‌شود.

۳- روش شم بازار: این روش بطور مجزا تحلیل و ارائه نمی شود. بلکه تلفیقی از روشهای اول ودوم است. اگر مدیر یک بنگاه اقتصادی با دانستن قیمت حاصل از روش هزینه و یا تعرفه‌ای و براساس حدس

خود از بازار یک قیمت را تعیین کند فی‌الواقع مطابق با "شم بازاری" خود تصمیم گرفته است.
متأسفانه در اغلب شرکتهای مهندسی به جای استقرار روندی مبتنی بر دانش اقتصاد از یکی از این روشها استفاده می‌شود. امری که با شرایط فعلی و تغییرات الگوی بازار خدمات مهندسی نیاز به بازنگری دارد.

۴- اطلاعات یا پیشنیازهای اساسی برای تعیین قیمت

اگر شما بخواهید قیمت یک نوع خدمات را در یک عرصه رقابتی تعیین کنید علاوه بر بازار نیازمند اطلاعات داخلی بنگاه خود هستید پس:

- شما باید بدانید که بنگاه اقتصادی شما براساس چه مکانیزم و در چه مدت قادر به کاهش قیمت تمام شده است؟
- اگر بخواهید از خدمات پیمانکار دست دوم استفاده کنید هزینه خدمات چقدر خواهد بود؟
- برنامه راهبردی سازمان چیست؟ بطور مثال اگر بنگاه در نقطه سر به سر باشد (TR=TVC) در کوتاه مدت روشی را اتخاذ خواهد کرد تا از رسیدن بنگاه به نقطه تعطیل (TR=TFC) جلوگیری کند.
- رقبا را بشناسید آیا همگی از برندهای معتبر هستند یا شرکتهای با مقیاس کوچک را نیز تشکیل می دهند؟
- نوع ارزیابی چیست؟ آیا قیمت وکیفیت (QCBS) است یا تنها کیفیت (QBS)، عامل موثر در انتخاب است؟
- شما باید اطلاع دقیقی از هزینه فرصت خدمات خود داشته باشید یعنی اگر به این خدمت نمی‌پرداختید و سرمایه خود را در اموری دیگر به کار می‌گرفتید چه میزان درآمد و سود کسب می‌کردید؟

۵- تصمیم سازی با فرض شناخت بازار و وجود تجربه قبلی

بسته به اینکه پاسخ به سئوالات بخش قبل چه باشد حال زمان تصمیم‌گیری است. این تصمیم یک تصمیم اقتصادی است و نه تنها مهندسی. لذا باید فکر خود را از فضایی که در آن تعداد معادلات با مجهولات برابر است به فضایی که تعداد معادلات کمتر از مجهولات است سوق دهیم.
اگر بنگاه اقتصادی شما در نقطه سر به سر است (هزینه متغیر=درآمد) و در کوتاه مدت امید به بهبود بهره‌وری و تغییرات سازمانی وجود ندارد، گزینه‌هایی چون واگذاری خدمات به پیمانکاران دست دوم توصیه شدنی است. با این روش نقطه تعطیل بنگاه (هزینه ثابت=درآمد) به تعویق خواهد افتاد و در این زمان به وجود آمده باید با اصلاح سازمان، قیمت تمام شده خدمات خود را کاهش دهید.
کاهش هزینه پروژه‌ها الزاما" به معنای سیاستهای تعدیل نیرو نیست بلکه می‌توان در میان مدت بهره‌وری سازمان را از طریق استقرار نظام دستمزد پروژه‌ای به جای دستمزد ماهانه افزایش داد. با این راهکارهای موقت ضمن آنکه نیروی کاری که بسیار برای آموزش وی هزینه شده است از دست نمی رود، دریافتی وی ثابت می‌ماند ودر عین حال هزینه پروژه کاهش خواهد یافت.
از طرفی باید بدانیم که اقتصاد بخشی نیز مانند متغیرهای کلان اقتصاد ملی دوره‌های رکود و رونق دارد. دوره رکود مقارن با سطح حداقلی نرخ بازدهی سرمایه و شیوع بیکاری است و در مقابل دوره رونق مقارن با افزایش نسبی نرخ بازدهی سرمایه و کاهش بیکاری است.
لذا اگر براساس تحلیل کارشناسان بر بخش خدمت بنگاه اقتصادی شما رکود حاکم است، شاید بهتر باشد برای کوتاه مدت سرمایه خود را به بخشهایی که ممکن است از رونق نسبی برخوردار باشد انتقال دهید (مانند مسکن، ارز یا طلا) و فقط به حفظ بنگاه فکر کنید.

۶- تصمیم سازی در بازارهای ناشناخته

گاهی نیازمند آن هستیم تا در یک بازار ناشناخته وارد شویم. در ادامه روشی را معرفی خواهیم کرد تا با شناخت متغیرهای بازاری که با آن مواجه هستیم قیمتی مناسب ارائه نماییم.
این روش هرچند مبتنی بر روش سنجش بازار کالای راکفلر است اما با توجه به اینکه ما با خدمات مهندسی (به جای کالا) روبه رو هستیم براساس شرایط شرکتهای ارائه دهنده خدمات مهندسی اصلاح و بازنگری شده است.
دربازارهای ناشناخته طمع نکنید وحتماً سه پیشنهاد را برای شناخت بازار کنار بگذارید اما پیشنهادی که مکانیزم تعیین قیمت آن مبتنی بر اصول علمی باشد، تا در پایان این آزمون موفق شوید قیمت رقابتی بازار جدید را شناسایی نمایید.
فرض کنید شرکت شما یک ارائه دهنده خدمات در صنعت برق است و حالا شما می خواهید وارد صنعت پتروشیمی یا ساختمان شوید. همچنین فرض نمایید که فرصت اعلام پیشنهاد برای سه مناقصه برای شما فراهم شده است.
اگر ارزش ریالی این سه پروژه یکسان (از لحاظ مشخصات فنی) به ترتیب A، 2A و 4A باشد اغلب افراد به یکی از صورت‌های ذیل عمل می‌نمایند:

- قیمت کف (هزینه) را محاسبه کرده (براساس هزینه‌های سازمان) و با درنظر گرفتن سودی معادل ۱۰ درصد براساس ارزش ریالی پروژه‌ها یا متراژ، آنها را متناسب می‌کنند. مثلاً اگر برای پروژه اول قیمت کف باسود ده درصد صد میلیون

تومان باشد برای بعدی دویست میلیون تومان و برای آخرین پروژه چهارصد میلیون تومان پیشنهاد می‌نمایند.

- قیمت سقف (تعرفه) را محاسبه کرده و با مینوسی معادل ۱۰ تا ۳۰ درصد و متناسب با برآورد پروژه‌ها قیمت را تعیین می‌نمایند.
- با ارزیابی قیمت پیمانکاران دست دوم و با لحاظ کردن بالاسری شرکت و سود حدود ده درصدی متناسب با ارزش ریالی پروژه‌ها قیمت را آنها مشخص می سازند. بدیهی است در این روش عملاً فرصت انتقال تکنولوژی در رسته جدید فعالیت نیز از دست خواهد رفت.

اما در روشی که به دنبال پیشنهاد آنیم شما باید حداقل یکبار و حداکثر سه بار شکست بخورید تا متغیرهای بازارتان را بشناسید پس به ترتیب زیر عمل کنید:

الف- پروژه A ریالی کوچکترین پروژه‌ها است پس اگر در این پروژه ضرر کنید باتوجه به حجم طرح هزینه کمتری به بنگاه اقتصادی شما وارد می شود. پس ابتدا براساس نفر ماههای تخصیص یافته قیمت کف را براساس عرف بنگاه خود حساب کنید. اکنون برای تعیین سود شما نیاز به متغیرهای کلان اقتصادی جامعه و یا متغیرهای بخش مورد نظر برای فعالیت دارید مثلاً نرخ بازگشت سرمایه در بخش خاص خدماتی شما بهترین شاخص برای تصمیم‌گیری است. استخراج نرخ بازگشت سرمایه از نرخ رشد آن بخش در بخشهای مختلف از طریق فرمولهای تجربی‌ایی که هر ساله از سوی صندوق بین‌المللی پول پیشنهاد می‌گردد نیز میسر است.

اگر این نرخ مثلاً ۸ درصد باشد، ضریب ۱/۰۸ را نیز به قیمت کف ضرب نمایید.

حال اگر این قیمت را B بنامیم چنانچه قیمت B در نامساوی زیر:

(قیمت‌پیشنهادی‌پیمانکار دست‌دوم+ هزینه بالاسری‌شرکت+سود۸ درصد) >B

صدق کند آنگاه قیمت B و در غیر این صورت قیمت طرف راست نامساوی را انتخاب می‌کنیم. بدیهی است که با این قیمت کف بازار متناسب با وضعیت بنگاه اقتصادی ما به دست خواهد آمد.

ب- پروژه 2A ریالی دومین پروژه از لحاظ اهمیت برای ماست. اگر بایک بازار رقابتی یا شبه رقابتی رو به رو هستید طبق تعرفه قانونی هزینه پروژه را حساب کنید و با توجه به اینکه در مرحله ورود به بازار هستید مینوسی معادل ۱۰ تا ۲۰ درصد به آن منظور کنید با این قیمت سقف بازار را به دست خواهید آورد.

ج- اکنون به سراغ بزرگترین طرح بروید که ضرر یا سود شما در آن هزینه هنگفتی به بنگاه وارد خواهد آورد. با توجه به چهار برابر بودن مقیاس این طرح نسبت به پروژه بند (الف) قیمت بدست آمده در بند (الف) را در عدد۳/۶ ضرب کرده و آن را C بنامید دقت کنید که به دلیل افزایش مقیاس، ده درصد از ضریب کاسته شده است لذا قیمت بند الف را به جای ۴ در ۳/۶ ضرب می‌کنیم.

حال قیمت بدست آمده در بند ب را در ۱/۸ ضرب نمایید و عدد بدست آمده را D بنامید. اکنون شما باید قیمتی متعادل انتخاب کنید که رقابتی نیز خواهد بود این قیمت از رابطه:

$$E=(C+D)/2$$

محاسبه خواهد شد. با این استراتژی شما شناخت کاملی از بازار خواهید داشت و حتی قادر خواهید بود ضمن شناخت ضعفهای بنگاه اقتصادی خود بین ماندن یا نماندن در این بازار یکی را انتخاب کنید. این نتایج بدین‌صورت طبقه‌بندی می‌گردد:

- اگر در هیچکدام از مناقصه‌ها نتوانستیم برنده شویم اساساً بازار جدید جذابیت لازم را برای حضور نخواهد داشت.
- چنانچه در پروژه A برنده شویم روش (الف) برترین روش پیشنهاد قیمت در این بازار می‌باشد.
- چنانچه در پروژه‌های A و 4A برنده شویم روش (ج) بهترین روش قیمت دهی است.
- چنانچه در هر سه پروژه برنده شویم روش (ب) برترین روش برای قیمت دهی می‌باشد.

۷- نتیجه گیری

هدف از آنچه ارائه شد تدوین نظامی علمی برای تعیین قیمت خدمات مهندسی فارغ از نگاههای مبتنی بر هزینه یا تعرفه بود. در این نگاه جدید ضمن پذیرش اصل رقابت سعی شده است تا تحلیلی اقتصادی و نزدیک به شرایط بازار محصول یا خدمات برای تعیین قیمت رقابتی صورت گیرد. البته باید توجه داشت که در شیوه قیمت‌گذاری

حاضر پارامترهای مؤثر بر قیمت‌گذاری در نوع صنعت و سایز قیمت پروژه‌ها خلاصه شده است و از سایر پارامترهای احتمالی همانند وضعیت اقتصادی در مقیاس ملی، صنعتی و سازمانی، محل پروژه و... صرفنظر شده است.

با توجه به اینکه در اغلب بنگاههای ارائه دهنده خدمات مهندسی تعیین قیمت در بخشهای فنی صورت میگیرد شرایط جدید بازار ضرورت توجه به متغیرهای اقتصادی و آموزش مبانی این علم به مدیران ذیربط را دوچندان می‌سازد.

ضمن آنکه تدوین دستورالعملهای سازمانی برای استقرار سیستم تعیین قیمت مبتنی بر دانش تخصصی این فرآیند بسیار ضروری خواهد بود.

مراجع

۱- ویلیام برانسون، عباس شاکری، تئوری‌ها و سیاستهای اقتصاد کلان، نشر نی، چاپ سوم، ۱۳۸۸

۲- دومینیک سالواتوره، حسن سبحانی، اقتصاد خرد، نشر علوم، چاپ سوم، ۱۳۷۲

3- J.Watson, "Pricing System of Rakfeler", Marketing International Conference, 20-21 october 2009, USA.

بیوگرافی

آقای عباس شفیعی فارغ التحصیل مهندسی عمران از دانشگاه صنعت آب و برق تهران است و جمعاً دارای ۸سال سابقه کار می‌باشد، که۶سال آن در قدس‌نیرو بوده است. مهمترین حوزه‌های علاقمندی ایشان مباحث اقتصادی و به ویژه اقتصاد توسعه و برنامه‌ریزی و اقتصاد طرح می باشد که موجب ادامه تحصیلات تکمیلی ایشان در کارشناسی ارشد اقتصاد توسعه گردیده است.

Email: *Ashafiei @ ghods-niroo.com*

جمع آوری، تصفیه و بازیافت پسابهای نیروگاهی

بابک فرهمندشاد

کارشناس ساختمان - SBU نیروگاه

کلمات کلیدی: سیستم جمع آوری و تصفیه پساب، جداکننده آب و روغن

چکیده

پژوهش حاضر سعی بر آن دارد که ابتدا شناختی اولیه از آلاینده‌های موجود در پسابهای نیروگاهی حاصل شود. سپس آشنایی مختصری با سیستم‌های جمع‌آوری، تصفیه و بازیافت فاضلاب صورت گیرد در پایان، فن‌آوریهای نوینی جهت بهبود مدیریت پسابها معرفی شده است.

۱- مقدمه

تصفیه پسابها در صنایع با روشهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی امکان پذیر است. در نیروگاهها روشهای مورد استفاده برای تصفیه پسابها با توجه به نوع آلاینده‌های موجود در پساب و ویژگیهای منبع تولید آن ممکن است از روشهای متفاوتی به صورت مجزا یا به هم پیوسته برای تصفیه استفاده شود.

بر اساس تجربیات بدست آمده در اکثر نیروگاهها یک واحد متمرکز برای تصفیه پسابها تاسیس می شود. کلیه پسابهای نیروگاه غیر از پسابهای سوختی و روغنی معمولاً به صورت مرکب جمع آوری شده و با هم مورد تصفیه قرار می‌گیرند. واحد تصفیه معمولاً حاوی مخزن یکنواخت سازی اولیه در ابتدای تصفیه‌خانه برای جمع آوری و یکنواخت سازی پسابها می باشد. پسابهای آلوده به روغن و مواد سوختی به طور جداگانه جمع آوری و ابتدا در یک سیستم جداسازی روغن و سوخت که معمولاً براساس اختلاف چگالی آب و روغن طراحی می شود از وجود چربی و سوخت پاک شده و آب حاصل یا با پساب تصفیه شده خروجی از تصفیه خانه مخلوط شده و سپس به محیط تخلیه می شود و یا پس از جداسازی سوخت با آب ورودی به تصفیه خانه مخلوط می گردد. واحد تصفیه معمولاً شامل یک فرایند اولیه انعقاد ولخته سازی، خنثی سازی pH، مخزن ته نشینی و ترسیب فلزات سنگین، واحد تغلیظ ثقلی لجن ته نشین شده و آبگیری از لجنهای تغلیظ شده بوسیله انواع روشهایی نظیر فیلترهای فشاری، فیلترهای خلاء یا سیستمهای سانتریفوژ می باشد. پساب تصفیه شده نهایی از نظر pH کنترل شده و در صورت نیاز، مجددا خنثی گردیده و به محیط تخلیه می شود. در برخی واحدها نیز در قسمت ابتدایی و یکنواخت سازی عمل هوادهی به پساب انجام می شود تا بخشی از آلاینده‌های فرار احتمالی و همچنین قسمتی از آلودگی مواد آلی کاهش یابند. پساب‌انسانی نیروگاهها با توجه به بار آلودگی آن معمولاً با روشهای هوازی مانند لجن فعال تصفیه شده و پس از ضدعفونی به محیط تخلیه می‌گردد.

۲- انواع پسابهای تولیدی در نیروگاههای حرارتی

به طور کلی در یک نیروگاه حرارتی بخار یا چرخه ترکیبی انواع پسابهای زیر ممکن است تولید گردند:

۱- آب خنک‌کننده که ممکن است عامل آلودگی حرارتی یا برخی مواد شیمیایی و کلر در آبهای طبیعی گردد.

۲- پسابهای ناشی از واحدتصفیه‌آب و واحد زلال‌سازی آب کندانسور (حذف کدورت و مواد معلق، حذف سختی، بی‌یون کردن آب، ...)

۳- پسابهای آلوده به مواد نفتی و سوختی

۴- پسابهای ناشی از شستشوی سطوح خارجی، سمت گاز (سطحی از لوله ها و سطوح حرارتی است که با سوخت و دود حاصل از عمل احتراق در تماس بوده و یا احتراق در آن سمت انجام می گیرد)، لوله های بویلر، پیش گرمکنها، سوپر هیترها، اکونومایزر و کوره

۵- پسابهای ناشی از شستشوی شیمیایی (اسید شویی یا قلیاشویی) لوله‌های بویلر، سوپر هیترها، اکونومایزر

۶- پسابهای ناشی از سیستم هیدرولیکی انتقال خاکستر در نیروگاه‌های با سوخت جامد یا زغال سنگ

۷- پسابهای انسانی

۸- پسابهای شستشوی واحدها و رواناب سطحی ناشی از آب باران

۹- پسابها و پسماندهای ناشی از سیستم تصفیه و گوگردزدایی دود خروجی در صورت وجود سیستم تصفیه دود

۲-۱- آلودگی حرارتی آب

آب خنک کننده در نیروگاههای حرارتی حاوی انرژی زیادی است و در سیستمهای خنک کننده، آب عبوری از چگالنده‌ها پس از خروج از آنها معمولاً ۱۰ـ۸ درجه سانتیگراد گرمتر از لحظه ورود می باشد. این آب حرارت اضافی را یا در برجهای خنک‌کننده تر یا خشک به اتمسفر دفع می‌نماید و یا اینکه در مواردی که آب از دریا یا دریاچه یا رودخانه‌های بزرگ تامین می‌شود و فقط یکبار از چگالنده عبور می‌کند حرارت اضافی را به همراه خود به محیط آبی تخلیه می‌نماید. در صورت استفاده از سیستمهای یکبارگذر در نیروگاههای واقع در سواحل دریا و رودخانه‌های بزرگ، حجم قابل توجهی از آب که از محیط آبی برداشت می‌شود با افزایش ۸ تا ۱۰ درجه سانتیگراد دوباره به محیط آبی تخلیه می‌شود. این آب باعث ایجاد آلودگی حرارتی در محیط آبی گردیده و همچنین حاوی انواع مواد شیمیایی بازدارنده خوردگی و ضدعفونی کننده می‌باشد که پیش از ورود به سیستم خنک‌کننده به آن افزوده شده است.

۲-۲- پسابهای ناشی از واحد تصفیه آب و واحد زلال سازی آب چگالنده‌ها

واحدهای تصفیه آب نیروگاهها جز در موارد معدود عمدتاً حاوی واحدهای پیش تصفیه و ته نشینی (کلاریفایرها)، فیلترهای شنی، رزینهای تبادل یونی کاتیونی و آنیونی و بستر مخلوط و در برخی موارد واحدهایی نظیر اسمز معکوس می‌باشند. در مرحله حذف ذرات معلق و کدورت درکلاریفایرها معمولاً موادی نظیر آهک، کلرید آهن (FeCl3)، سولفات آهن یا سولفات آلومینیوم (Al2(SO4)3) و کمک منعقدکننده‌های پلیمری به آب اضافه می‌گردد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که زائدات حاصل از آبگیری این لجنها و رسوبها حاوی چه نوع موادی باشند.

همچنین در موارد کاربرد سولفات آلومینیوم نیز ممکن است همزمان از آهک و کمک منعقد کننده‌های پلیمری استفاده گردد که با توجه به جمیع جهات ترکیبات کلسیم، منیزیم و آهن، مواد آلی، کربنات‌های کلسیم، هیدروکسیدمنیزیم، TSS، pH قلیایی معمولاً در این نوع زائدات وجود دارد. عنصر Al در صورت استفاده از آلوم (سولفات آلومینیوم) به مقدار بیشتری در لجن و زائدات نهایی وجود خواهد داشت.

۲-۳- پسابهای آلوده به ترکیبات نفتی

انواع ترکیبات نفتی (نفت کوره، انواع روغنها، نفت گاز و انواع ترکیبات حاوی هیدروکربنها) ازجمله آلاینده‌هایی هستند که دارای پیامدهای شدید بر کیفیت منابع آب می باشند. میزان حلالیت این ترکیبات بستگی به دمای جوش آنها داشته و ترکیباتی نظیر نفت کوره که دارای نقطه جوش بالایی هستند به مقدار بسیار کم در آب حل می‌شوند و در صورت تخلیه به محیط آبی بدون حل شدن باعث ایجاد لایه باریکی در سطح آب و جلوگیری از ورود اکسیژن به آن خواهد گردید. علاوه بر این سمی بودن این ترکیبات نیز باعث بروز صدماتی بر موجودات آبزی خواهد گردید. منابع اصلی ورود ترکیبات نفتی به پساب در نیروگاهها عبارتند از: محوطه های مخازن ذخیره سوخت و تجهیزات مربوطه، تجهیزات الکتریکی به خصوص مبدلها، خدمات پشتیبانی و جانبی مانند خط آهن انتقال سوخت، بخشهای تعمیرات و سالنها و محوطه‌های کمپرسورها.

۲-۴- پسابهای ناشی از شستشوی سطوح خارجی (سمت گاز) لوله‌های بویلر، پیش‌گرمکنها، اکونومایزر، سوپرهیتر و کوره

سطوح خارجی لوله‌های بویلر، سوپرهیتر، اکونومایزر و سطوح انتقال حرارت در پیش گرمکنهای هوا و محفظه احتراق کوره که عمل احتراق در آن انجام شده و یا مستقیماً با دود و گاز حاصل از عمل احتراق در تماس می باشند بدلیل چسبیدن و رسوب کردن برخی از مواد روی این سطوح بطور متناوب باید از این ذرات و رسوبات پاکسازی گردد تا عمل انتقال حرارت به نحو مناسب انجام شود و خوردگی لوله‌ها و سطوح به حداقل برسد. عمل پاکسازی معمولاً بوسیله شستشو با جریان آب پرفشار انجام می گیرد. اگرچه ممکن است در برخی موارد که رسوبات و ذرات خاصیت اسیدی شدید داشته باشند اندکی مواد قلیایی نیز به آب افزوده گردد. پساب حاصل از این عمل حاوی انواع ذرات معلق و آلاینده‌های مختلف از جمله عناصر سنگین، آهن، مواد آلی هیدروکربنی و... می باشد. این پساب معمولاً بوسیله آهک یا سود و در برخی موارد اضافه کردن کمک منعقدکننده‌ها تصفیه و خنثی‌سازی شده و عناصر سنگین آن ته نشین می‌گردد. بنابراین نتیجه عمل خنثی‌سازی و ته نشینی تولید لجن‌آبدار حاوی انواع آلاینده‌های موجود در پساب است که در حال‌حاضر در نیروگاههای کشور یا مستقیماً دفع می‌گردد و یا در برخی نیروگاهها که دارای تجهیزات پیشرفته‌تری هستند بوسیله فیلترهای فشاری یا فیلترهای خلأ و یا استخرهای تبخیری آبگیری می‌گردد. نتیجه عمل فوق تولید زائدات جامد خشک و کم آب است که باید دفع گردد و

معمولاً حاوی مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌های موجود در پساب بخصوص انواع عناصر سنگین می‌باشد.

۲-۵- پسابهای ناشی از شستشوی شیمیایی (اسیدشویی یاقلیاشویی) لوله‌های بویلر، سوپرهیترها و سایر تجهیزات (سمت آب یا بخار)

در دوره بهره‌برداری از نیروگاه انواع رسوبات و محصولات خوردگی لوله‌ها در درون لوله‌های بویلر و کندانسورها و مبدلها و سوپرهیتر تشکیل شده و رسوب می‌نمایند. این فرایند هم باعث کاهش انتقال حرارت و افت راندمان واحد شده و هم باعث توزیع غیر یکنواخت حرارت بر سطوح لوله‌ها گردیده و همچنین ممکن است باعث ایجاد انواع دیگر خوردگی شده و کاهش عمر لوله‌های بویلر و مبدلها و کندانسور و سوراخ شدن و ترکیدگی لوله و افت تولید یا توقف تولید الکتریسیته را موجب گردد. برای کاهش صدمات مذکور رسوبات و محصولات خوردگی درون لوله‌ها (سمت آب یا بخار) بصورت دوره‌ای بوسیله شستشوهای شیمیایی محلولهای اسیدی یا قلیایی پاکسازی و رسوب زدایی می‌گردد. ترکیب پساب حاصل بستگی به عواملی نظیر کیفیت آب خام نیروگاه، جنس لوله‌ها، نوع آب شستشو و محلول مورد استفاده دارد. اما بطور کلی این نوع پسابها حاوی مقادیر قابل توجهی آهن و مقادیر متفاوتی از عناصری از قبیل مس، روی، کرم، کلسیم و منیزیم خواهد بود. همچنین به دلیل کاربرد احتمالی انواع مواد بازدارنده خوردگی[1] این پساب ممکن است حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی نیز باشد. همچنین pH این نوع پساب نیز ممکن است کاملاً اسیدی یا قلیایی باشد. البته فرایند شستشو دارای مراحل مختلفی است و ممکن است از شستشو با آب شروع و در مراحل بعدی انواع اسیدهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد. اسیدهای مورد استفاده عمدتاً اسید کلریدریک و اسیدسیتریک، اسیدفتالیک و اسیدسولفوریک و مواد قلیایی مورد استفاده ممکن است سود، هیدروکسید آمونیم، هیدرازین و نیتریت سدیم باشند. پساب حاصل از این شستشو نیز عمدتاً بوسیله روشهای افزودن آهک یا سود و تغییر pH خنثی‌سازی و عناصر سنگین آن ته نشین گردیده و تصفیه می‌گردد. لجن حاصل از این روش تصفیه حاوی انواع عناصر سنگین و برخی مواد آلی بوده و از جمله زائدات نیمه جامد نیروگاههای حرارتی، بخار و چرخه ترکیبی می باشد. در صورت وجود تجهیزات آبگیری لجن از جمله فیلترهای فشاری یا خلاء و یا استخرهای تبخیری، لجنهای حاصل از تصفیه این پساب آبگیری گردیده و مقداری زائدات جامد کم آب تولید می‌گردد که حاوی انواع عناصر سنگین موجود در پساب مورد اشاره می‌باشد.

۲-۶- پسابهای ناشی از سیستم هیدرولیکی انتقال خاکستر در نیروگاههای با سوخت جامد یا زغال سنگ

خاکستر و غبار حاصل از احتراق سوختهای جامد در نیروگاههای حرارتی بخار معمولاً بوسیله سیستمهای هیدرولیکی انتقال پیدا کرده و دفع می‌گردد. در بازگردش آب مورد استفاده در سیستم انتقال خاکستر بخشی از آب به صورت فاضلاب تخلیه شده و جایگزین می‌گردد. کیفیت این نوع پساب بستگی کاملی به ترکیب شیمیایی خاکستر، سیستم جداسازی خاکستر و وجود یا عدم وجود سیستم تصفیه دود دارد.

۲-۷- پسابهای انسانی

در انواع نیروگاهها پساب بهداشتی حاصل از حضور افراد شاغل در نیروگاه تولید می‌گردد. و در بسیاری از نیروگاههای کشور این پساب با استفاده از سپتیک تانکها دفع می‌گردد. در برخی از نیروگاههای کشور از جمله نیروگاه بندر عباس، بیستون، نیروگاه شهیدمفتح (همدان)، نیروگاه رامین اهواز، نیروگاه چرخه ترکیبی گیلان و نیروگاه شهید رجایی، سیستمهای جمع‌آوری و تصفیه پساب انسانی تعبیه شده و وجود دارد. این سیستمها همگی روشهای تصفیه هوازی و اغلب فرایند لجن فعال می‌باشد. کیفیت این پسابها و لجن حاصله اگرچه تا حدی به شرایط اقلیمی، نحوه تصفیه و جمع آوری فاضلاب بستگی دارد، اما شناخته شده و تقریباً معین می‌باشد.

۳- مواد زائد

از دیدگاه منبع تولید، مهمترین زائدات جامد و نیمه جامد نیروگاهها را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد:

۱- زائدات مرتبط با احتراق،
۲- زائدات مرتبط با سیستم گردش و تصفیه آب،
۳- زائدات مربوط به زباله‌های انسانی،
۴- زائدات لجنهای ناشی از تصفیه پساب بهداشتی.

- زائدات مرتبط با احتراق سوخت عبارتند از: خاکستر و زائدات ته نشین شده در کف بویلر و محفظه احتراق و یا پیش گرمکنهای هوا و سطوح خارجی اکونومایزر و در صورت وجود سیستمهای تصفیه دود و غبار: ذرات جمع‌آوری شده در فیلترهای الکترواستاتیک، لجنهای ناشی از سیستم تصفیه گوگرد

1- Corrosion Inhibitors

دود خروجی از دودکش. همچنین لجنهای ناشی از ته‌نشینی عناصر سنگین و تصفیه پسابهای شستشوهای سطوح خارجی لوله‌های بویلر، پیش گرمکنهای هوا و تمیز کاری بویلر و جامدات ناشی از آبگیری این لجنها. اینگونه زائدات جامد یا نیمه جامد معمولاً حاوی Fe، Na، K، Al، Ti و عناصر سنگین نظیر V، Ni، Zn، Cr، Hg، As، Pb، Se، Sn، Cd و سایر عناصر سنگین بسته به نوع سوخت می‌باشند.

- زائدات ناشی از سیستم گردش و تصفیه آب عبارتند از: لجنها و رسوبات کلاریفایرهای واحد تصفیه آب، رزینهای تبادل یونی مستعمل، لجنهای ناشی از تصفیه و پسابهای شستشوهای شیمیایی سطوح داخلی لوله‌های بویلر، اکونومایرر، سوپرهیترها، چگالنده‌ها و جامدات خشک ناشی از آبگیری این رسوبات و لجنها. ولجنهای رسوبات کلاریفایرها معمولاً حاوی مواد آهکی، Ca، Fe، Mg و گاهی او مقادیر کمی از انواع کمک منعقد کننده‌ها می‌باشند . لجنهای ناشی از تصفیه پسابهای شستشوهای سطوح داخلی لوله‌ها و جامدات ناشی از آبگیری آنها معمولاً حاوی Cu، Ni، Cr، Ca، Mg و برخی عناصر دیگر و مواد ممانعت‌کننده خوردگی می‌باشند. از نظر کمی مقدار رسوبات و لجنهای ناشی از کلاریفایرها و سیستم تصفیه آب بیش از سایر زائدات در نیروگاهها تولید می‌گردد. حجم زائدات مرتبط با سوخت و احتراق و انواع خاکسترها و زائدات کوره و حتی زائدات کلاریفایرها به عوامل متعدد عملیاتی و بهره‌برداری، کیفیت و نوع سوخت، کیفیت آب خام ، مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده مورد استفاده، حلالها و اسید و سود و مواد ممانعت کننده خوردگی در مواد و شستشوهای بویلر و سایر اجزاء و عوامل زیاد دیگری بستگی دارد.

۴- کاربرد مجدد مواد زائد

مهمترین زائدات جامد یا نیمه جامد ناشی از نیروگاه‌ها عبارتند از:

۱ – زائدات ناشی از واحد تصفیه آب (رسوبات کلاریفایرها)

۲ – رزینهای مستعمل تعویض شده

۳ – لجنهای ناشی از تصفیه پسابهای شستشوهای شیمیایی سمت آب و آتش بویلر و شستشوهای پیش گرمکنهای هوا

۴ – زائدات و ترکیبات روغنی بدست آمده از واحدهای مختلف در جداکننده‌های آب و روغن

۵ – مواد زائد و خاکستر کوره

۶ – انواع زائدات متفرقه نظیر قراضه‌های آهن و فلزات دیگر، سیم و کابلهای مسی

۷ – لجنهای تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی

از میان دسته‌های زائدات فوق بیشترین قابلیت احتمال کاربرد مجدد یا بازیافت در مورد زائدات گروه ۴، ۵، ۶ و ۷ و در درجه بعدی گروههای ۱و۳ وجود دارد.

انواع رزینهای مستعمل در صورتیکه قابلیت تبادل یونی و خصوصیت فیزیکی خود را کاملاً از دست داده باشند باید به عنوان زائدات خطرناک به صورت مناسب نگهداری و دفن گردند.

توضیحات لازم در مورد زائدات فوق‌الذکر به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

۱- بطور کلی در مورد رسوبات کلاریفایرها با توجه به نوع ماده شیمیایی افزودنی در کلاریفایر، انواع آلاینده‌های احتمالی درون این زائدات مشخص می‌شود، در صورتیکه از ترکیبات آلومینیوم یا سایر مواد سمی در هنگام انعقاد و ته نشینی استفاده نشده باشد، رسوبات کلاریفایرها را پس از آبگیری ممکن است در اصلاح خاکهای اسیدی یا استفاده به عنوان مواد زیرسازی به همراه سایر مواد لازم در جاده‌سازی، بکارگیری در ساخت مکانهای دفن ضایعات در ترکیب با انواع خاکهای رسی به عنوان آستر[1] یا پوششهای نهایی[2] یا استفاده از آنها در دیواره‌های دوغابی[3] برای محصورسازی مکانها و سایتهای آلوده به انواع مواد خطرناک، بکار گرفت.

۲- رزینهای تبادل یونی مستعمل را که از واحد تصفیه و بی‌یون سازی آب خام نیروگاه یا واحد زلال‌سازی آب کندانس، حاصل شده‌اند در صورتیکه هنوز توان انجام فرآیند تبادل یونی را داشته باشند ممکن است بتوان در واحد تصفیه پساب نیروگاه به منظور بی‌یون‌سازی و تصفیه پسابهای خاص بکار گرفت اما به طور کلی کاربرد خاص دیگری برای آنها وجود نداشته و در نهایت باید به صورت مناسب در مکانهای دفن زائدات خطرناک، دفن گردند. با توجه به میزان حجمی اندک این دسته از زائدات می‌توان آنها را به‌طور مناسب درانبار مخصوص نگهداری نمود تا زمان مقرر که طبق روش استاندارد دفع گردند.

1- Liner
2- Capping
3- Slurry Walls

۳- لجنهای ناشی از تصفیه پسابهای سمی و صنعتی شستشوی پیش گرمکنهای هوا، لوله‌های بویلر و محفظه احتراق عموماً حاوی انواع فلزات سنگین می‌باشند. بسته به نوع پساب تصفیه شده انواع فلزات احتمالی موجود در لجنها متفاوت خواهند بود. پسابهای ناشی از شستشوی سطوح فلزی در تماس با دود، حاوی مقادیر قابل توجهی از کربن و فلزات موجود در سوخت از جمله وانادیم، نیکل و روی می‌باشند اما پسابهای ناشی از سطوح داخلی لوله‌ها بیشتر حاوی ترکیبات موجود در آب و فلزات موجود در آلیاژ لوله‌های بویلر از جمله مس خواهد بود. لجنهای حاوی فلزات وانادیم و نیکل بسته به میزان و درصد این فلزات و سایر ترکیبات موجود در لجنها، پس از آبگیری ممکن است قابل استفاده برای بازیافت فلزات با ارزش نظیر وانادیم باشند. اگر چه این عمل بسته به نوع تصفیه پساب اولیه و مواد شیمیایی مورد استفاده برای ته نشینی فلزات سنگین از پساب بوده و با توجه به روند روز افزون استفاده از گاز به جای سوختهای مایع در نیروگاه‌های کشور، حجم کل زائدات این بخش به نحوی رو به کاهش است که به نظر نمی‌رسد مبحث بازیافت وانادیم از آنها برای وزارت نیرو دارای توجیه باشد اما به هر حال این پتانسیل تا حدی ممکن است برای این دسته از زائدات وجود داشته باشد. در نهایت این لجنها پس از آبگیری و یا پس از جامد سازی و تثبیت فلزات سنگین درون آنها، باید به عنوان زائدات خطرناک درمکانهای دفن مناسب با روش استاندارد دفن گردند.

۴- زائدات روغنی بدست آمده از جداکننده‌های آب و روغن و همچنین سایر زائدات روغنی تولید شده در نیروگاه کاملاً قابل بکارگیری به عنوان سوخت بوده و می‌توان آنها را مجدداً به مخازن سوخت مایع نیروگاه برگشت داد و در تولید انرژی در بویلرها از آنها استفاده کرد.

۵- مواد زائد و خاکستر درون کوره و محفظه احتراق نیروگاه و همچنین خاکستر احتمالی بدست آمده از سیستم تصفیه دود (در صورت وجود)، قابل استفاده مجدد در انواع عملیات می‌باشد. از جمله موارد استفاده این نوع خاکسترها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: صنایع سیمان، موارد مصالح ساختمانی و بتون، پوششهای کناره جاده‌ها، مصالح ساختمانی، صنایع کشاورزی، صنایع استخراج فلزات، بازیافت گوگرد، تثبیت خاک، آبگیری از لجنها، زیرسازی راه‌ها و... اما بطور کلی بیشترین کاربرد آنها در حال حاضر در سطح جهان در بخشهایی صورت می‌گیرد که نیاز به کمترین تکنولوژی برای تبدیل و تغییر این مواد داشته و از آنها به صورت فله‌ای استفاده گردد. همچنین به علت قیمت ارزان آن کاربرد مجدد خاکسترها در فواصل نزدیک به نیروگاه صرفه اقتصادی دارد و حمل و نقل و انتقال آن در فواصل دور هزینه‌ها را به نحوی افزایش می‌دهد که بکارگیری خاکسترها در انواع کاربردها توجیه نخواهد داشت.

۶- انواع ضایعات آهن و فلزات و کابلها و سیمها و زائداتی از این قبیل همگی در صنایع کاربرد داشته و قابل فروش به صنایع تبدیلی می‌باشند.

۷- لجنهای تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی برای تولید گاز متان و انرژی در هاضمهای بی‌هوازی قابل کاربرد است اما با توجه به حجم اندک آنها در نیروگاه‌ها توجیه اقتصادی برای این عمل وجود ندارد و می‌توان آنها را پس از تثبیت دفن نمود.

۵- پیش‌تصفیه مواد زائد

برخی از زائدات جامد یا نیمه جامد قبل از عمل دفع نهایی و یا فرآوری جهت بازیافت و استفاده مجدد ممکن است نیاز به انجام برخی فرآیندهای فیزیکی یا شیمیایی به عنوان پیش تصفیه به منظور آماده شدن برای عمل دفع یا بازیافت داشته باشند. مهمترین فرآیند لازم قبل از مراحل بازیابی زائدات عمل آب‌گیری از لجنها و زائدات آبدار یا نیمه جامد می‌باشد. این عمل دارای مزایای زیر خواهد بود:

- حجم زائدات را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- حمل و نقل و جابجایی و نگهداری و بسته‌بندی زائدات را آسان می‌نماید.
- احتمال نشت آب حاوی فلزات و آلاینده‌ها به محیط زیست را کاهش می‌دهد.
- از آب بدست آمده می‌توان مجدداً در چرخه آب نیروگاه یا مصارف آبی دیگر درون نیروگاه استفاده نمود.

آب‌گیری لجنها یا رسوبات کلاریفایرها با یکی از روشهای زیر یا ترکیبی از آنها قابل انجام خواهد بود:

- استفاده از بسترهای لجن خشک‌کن در اقلیم‌های مناسب به صورت طبیعی.
- روش تغلیظ ثقلی[1]
- روش فیلتراسیون خلاء[2]
- روش فیلتراسیون فشاری[3]
- روش سانتریفوژ[4]

بنابراین به عنوان یک ضابطه، کلیه زائدات پیش از حمل و نقل و نگهداری موقت یا فرستاده شدن برای دفن یا دفع نهایی یا بازیافت، در صورت آبدار بودن باید آبگیری گردند.

1- Gravity Thickening
2-Vacuum Filteration
3-Pressure Filteration
4- Centrifuge

۶- پیش تصفیه جهت دفع مواد زائد

زائداتی که باید دفع نهایی گردند و بصورت دفن بهداشتی دفع شوند نیز ممکن است نیاز به پیش تصفیه به منظور بی‌خطرکردن یا کم خطرکردن داشته باشند. بطور کلی زائداتی که ممکن است در نهایت جهت دفن بهداشتی در نظر گرفته شوند عبارتند از:

- رسوبات کلاریفایرها
- رزینهای تبادل یونی مستعمل
- لجنهای حاصل از تصفیه پسابهای شستشوهای شیمیایی بویلر و پیش گرمکنها
- زائدات و خاکستر محفظه احتراق و کوره

از میان زائدات فوق رسوبات کلاریفایرها و لجنهای تصفیه پسابهای صنعتی معمولاً آبدار بوده که باید در نهایت پیش از دفن بهداشتی آبگیری شوند. بطور معمول از چهار دسته زائدات فوق تنها رسوبات کلاریفایرها را می‌توان از زائدات غیرخطرناک[1] به شمار آورد و سه دسته آخر بطور معمول در دسته زائدات خطرناک[2] قرار می‌گیرند. زائدات خطرناک را نمی‌توان در محلهای دفن زائدات شهری و زباله‌های شهری دفن نمود، در حالیکه رسوبات کلاریفایرها یا سایر زائدات غیرخطرناک را می‌توان در محلهای دفن زباله‌های شهری با هماهنگی شهرداریهای مناطق نزدیک نیروگاهها دفن نمود. نوع مکان‌یابی و ساختار و طراحی محلهای دفن برای زائدات خطرناک متفاوت بوده و بنابراین برای نیروگاه هزینه‌های بیشتری را در بر خواهد داشت. در مواردیکه شرایط جغرافیایی مناسب باشد و در نیروگاه زمین کافی وجود داشته باشد و همچنین حجم زائدات خطرناک تولید شده در سال کم باشد با رعایت ضوابط طراحی و نگهداری و پوشش‌دادن، می‌توان درون محوطه نیروگاه محلی جهت دفن بهداشتی این زائدات طراحی و اجرا نمود. در غیراینصورت باید مکانی حتی‌الامکان در مناطق نزدیک نیروگاه برای این منظور به نحوی انتخاب و تملک کرد که با معیارهای مربوطه سازگار باشد و زائدات خطرناک را برای دفن بهداشتی به آن محل منتقل کرد.

برای تشخیص زائدات خطرناک از غیرخطرناک معیارهایی وجود داردکه درمورد زائدات نیروگاهی، آزمایش قابل استفاده، آزمایش TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) است.

۷- نتیجه گیری

با توجه به مجموعه مطالب فوق و برای کاهش هزینه‌های دفع زائدات خطرناک نیروگاه، به خصوص لجنهای تصفیه پساب صنعتی و خاکستر کوره می‌توان روشهایی را جهت تثبیت، جامدسازی و کم خطرکردن آنها اتخاذ نمود و سپس با تایید توسط آزمایش TCLP، آنها را به عنوان زائدات غیرخطرناک در محلهای دفن زباله‌های شهری دفن کرد. آزمایش TCLP برای تعیین میزان نشت احتمالی آلاینده‌های خطرناک از جمله فلزات سنگین از زائدات در شرایط بحرانی طراحی شده است. برای این منظور یعنی تثبیت و جامدسازی لجنها و زائدات حاوی فلزات سنگین می‌توان زائدات را با ترکیبات شیمیایی مختلفی در نسبتهای متفاوت مخلوط و همگن نمود و ترکیب نهایی حاصل پس از فعل و انفعالات فیزیکی شیمیایی به صورت تثبیت شده و جامد شده خواهد بود که آنرا باید از نظر نشت فلزات سنگین با آزمایش TCLP یا آزمایشات مشابه، تست نمود در صورتیکه نشت فلزات کمتر از میزان معیارهای آزمایش TCLP باشد زائدات بطور مناسب بی‌خطر شده و قابل دفن خواهند بود. معمول‌ترین و مناسب‌ترین ترکیبات و واکنش‌گرهای مورد استفاده جهت تثبیت و جامدسازی زائدات حاوی فلزات عبارتند از:

- سیمان پرتلند
- پوزولانها
- آهک و یا ترکیب آهک و خاکستر فرار
- انواع مختلف ترکیبات فسفاتها

مراجع

۱- مدیریت زیست محیطی نیروگاهها- سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

۲- هفته نامه پیک برق چاپ ۱۳ مرداد ۱۳۸۶ شماره ۵۹۵

3- Wastewater engineering: treatment disposal and reuse By Metcalf

4- Manual on disposal of refinery wastes By American Petroleum Institute. Division of Refining

5- Disposal of refinery wastes: Section I: waste water containing oil By American Petroleum Institute. Division of Refining

6- Biological treatment of petroleum refinery wastes By American Petroleum Institute. Division of Refining

بیوگرافی

آقای بابک فرهمند شاد دارای مدرک لیسانس مهندسی عمران از دانشگاه سراسری تبریز بوده و ۱۰ سال سابقه کار دارد. ایشان از اسفند ماه ۱۳۸۸ به عنوان کارشناس سیویل با مدیریت ارشد گازی ۲ همکاری نموده اند. زمینه فعالیت آقای فرهمندشاد طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی و پسابهای بهداشتی می‌باشد.

Email : *bfarahmand@ghods-niroo.com*

1- Non Hazardous
2- Hazardous

جدول (۱): حداکثر غلظت آلاینده ها برای مشخصه سمیت

[by United States Environmental Protection Agency (EPA)]

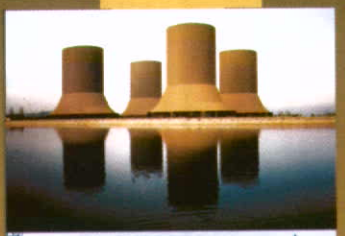
(mg/l)	Contaminant Regulatory Level	EPA HW No.
۵	Arsenic(As)	D004
۱۰۰	Barium(Ba)	D005
۰.۵	Benzene	D018
۱	Cadmium(Cd)	D006
۰.۵	Carbon Tetrachloride	D019
۰.۰۳	Chlordane	D020
۱۰۰	Chlorobenzene	D021
۶	Chloroform	D022
۵	Chromium(Cr)	D007
۲۰۰	o-Cresol	D023
۲۰۰	m-Cresol	D024
۲۰۰	p-Cresol	D025
۲۰۰	Cresol	D026
۱۰	2,4-D	D016
۷.۵	1,4-Dichlorobenzene	D027
۰.۵	1,2-Dichloroethane	D028
۰.۷	1,1-Dichloroethylene	D029
۰.۱۳	2,4-Dinitrotoluene	D030
۰.۰۲	Endrin	D012
۰.۰۰۸	Heptachlor	D031
۰.۱۳	Hexachlorobenzene	D032
۰.۵	Hexachlorobutadiene	D033
۳	Hexachloroethane	D034
۵	Lead(Pb)	D008
۰.۴	Lindane	D013
۰.۲	Mercury(Hg)	D009
۱۰	Methoxychlor	D014
۲۰۰	Methyl ethyl ketone	D035
۲	Nitrobenzene	D036
۱۰۰	Pentachlorophenol	D037
۵	Pyridine	D038
۱	Selenium(Se)	D010
۵	Silver(Ag)	D011
۰.۷	Tetrachloroethylene	D039
۰.۵	Toxaphene	D015
۰.۵	Trichloroethylene	D040
۴۰۰	2,4,5-Trichlorophenol	D041
۲	2,4,6-Trichlorophenol	D042
۱	2,4,5-TP(Silvex)	D017
۰.۲	Vinyl Chloride	D043

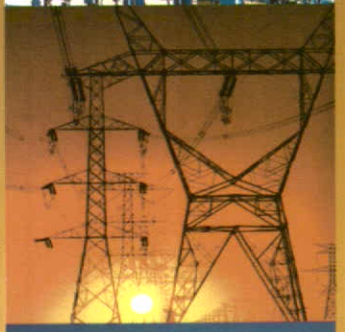
GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY

GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY (GNEC)

GNEC provides engineering & consultancy services, detail design, rendering technical specifications, project management and site & technical supervisory services in the following fields:

- Thermal Power Plants
  (Steam, Gas Turbine& Combined Cycle)
- Substation & Switch - Yards
- Transmission Lines & Distribution Networks
- Dams & Hydropower Plants, Water Transmission Lines, Irrigation& Drainage Networks
- Environmental Studies
- Cooperation with Clients in Management of Contracts.(MC)
- Participation in Major "EPC" and "MC" Contracts in Different industrial areas especially in the field of Oil and Gas.
- Renewable Energies Comprising Studies, Engineering and "EPC" Contracts





4★

RECOGNISED FOR EXCELLENCE

EFQM

is awarded to

GHODSNIROO ENGINEERING COMPANY

July 2008

Chris Lebeer,
CEO of EFQM

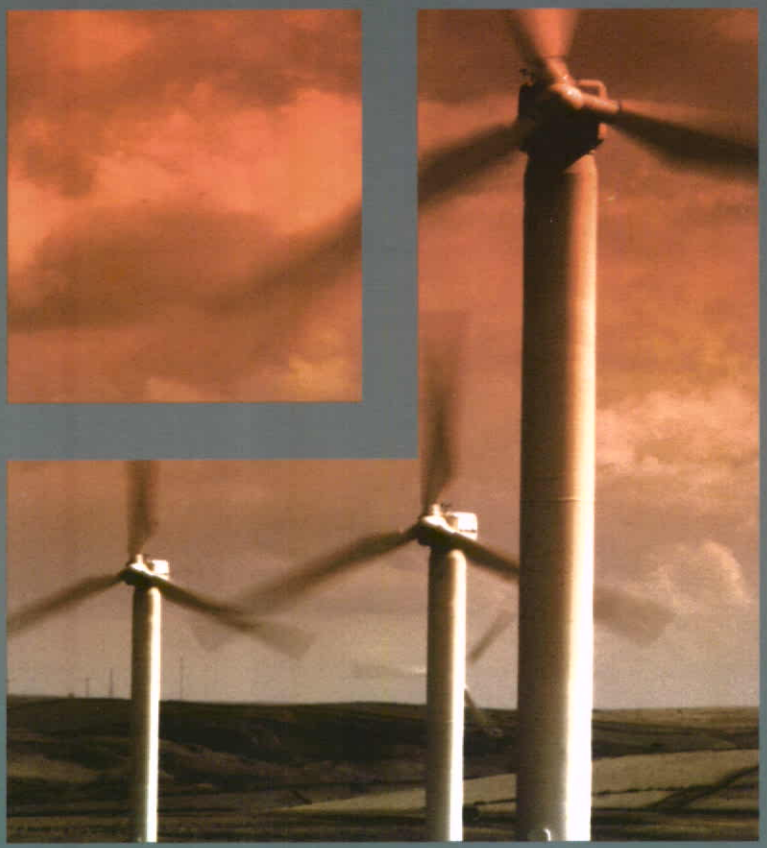
Issued by EFQM

ISO 9001 DNV REGISTERED FIRM

ISO 14001 DNV REGISTERED FIRM

OHSAS 18001 DNV REGISTERED FIRM

Add: No.82, Ostad motahari Ave.
Tehran - 1566775711 - IRAN
Tel: (+9821) 82404000 - 88403613
Telfax: (+9821) 88411704
E-MAIL: INFO@GHODS-NIROO.COM
WWW.GHODS-NIROO.COM



تهران ، خیابان استاد مطهری ، چهارراه سهروردی ، شماره ۸۲
کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۳۵۳
تلفن : ۸۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۸۴۳۰۴۵۴
فکس : ۸۸۴۱۱۷۰۴

No.82 , Ostad Motahari Ave.
Tehran 1566775353 - IRAN
Tel: 88403613 - 88430454
Fax: 88411704
info@ghods-niroo.com
www.ghods-niroo.com