



پیاده‌سازی TPM با استفاده از نواحی DMA در شبکه‌های آبرسانی

و نقش آن در کاهش هدررفت آب

ستار صالحی^۱، کاوه جمالی^۲، علیرضا قاضی‌زاده^۳

چکیده

امروزه در صنعت آب و فاضلاب به منظور شناسایی، ارزیابی و کنترل نشت آب (به عنوان بخش اصلی از هدررفت آب) در نواحی مختلف شبکه‌های آبرسانی، از پیاده‌سازی واحدهای مجزای اندازه‌گیری یا DMA استفاده می‌شود. در راستای علت‌یابی بسیاری از نشت‌های کشف شده با استفاده از نواحی DMA، می‌توان به نقش عمده عدم کارآمدی تجهیزات در این امر اشاره نمود. در واقع آنچه که مشهود است ارتباط بین مقادیر هدررفت آب و مقدار اثربخشی تجهیزات در شبکه‌های آبرسانی می‌باشد. در این راستا نگهداری و تعمیرات کارآمد فنی-اقتصادی تأسیسات شبکه‌های آبرسانی را می‌توان مورد توجه قرار داد. در واقع با استفاده از بهره‌برداری صحیح و پیاده‌سازی مناسب نظام نگهداری و تعمیرات در تأسیسات شبکه‌های آبرسانی، علاوه بر افزایش عمر مفید تأسیسات و کاهش هزینه‌های کلی عملیات آبرسانی، می‌توان با دستیابی به راندمان موردنیاز در تجهیزات، در ارتقای کیفیت آبرسانی نیز گامی مؤثر برداشته و مقادیر هدررفت را بهینه نمود. لذا در این راستا پیاده‌سازی نظام نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع (TPM) مورد توجه می‌باشد. در این مقاله با مروری کلی بر چگونگی رخداد هدررفت در شبکه‌های آبرسانی و ارتباط هدررفت آب با میزان کارایی و اثربخشی تجهیزات در شبکه، پیاده‌سازی نظام‌های نگهداری و تعمیرات در شبکه‌های آبرسانی و بهینه‌سازی آنها با استفاده از TPM مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سپس چگونگی پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی با استفاده از نواحی DMA نیز ارائه می‌شود. مباحث ارائه شده در این مقاله می‌تواند به عنوان گامی مؤثر در جهت کنترل هدررفت در شبکه‌های آبرسانی با استفاده از TPM محسوب شود.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های آبرسانی، هدررفت، نگهداری و تعمیرات، DMA، TPM.

مقدمه

امروزه به منظور افزایش خدمات و نیز بهینه‌سازی وضعیت بهره‌برداری از تجهیزات و کاهش هزینه‌ها در صنایع مختلف ایران، نظام‌های مختلف نگهداری و تعمیرات مورد توجه قرار گرفته است، که صنعت آب و فاضلاب از این امر مستثنی نمی‌باشد؛ چرا که سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در امر تأسیسات و تجهیزات تأمین و توزیع آب، جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب روز به روز بیشتر می‌شود، که نیازمند مراقبت اصولی، کارشناسانه و سازماندهی شده جهت جلوگیری از استهلاک زودرس و بهره‌گیری از ظرفیت‌های مجاز تأسیسات و تجهیزات می‌باشد. لذا به دلیل نقش چشمگیر هزینه‌های نگهداری و تعمیرات در قیمت تمام شده کالا و خدمات قابل عرضه، هرگونه سرمایه‌گذاری و هزینه نمودن اصولی در زمینه نگهداری و تعمیرات می‌تواند شرکت آب و فاضلاب را به صورت غیرمستقیم از هزینه‌ها و ضرر و زیان احتمالی برحذر دارد و نگهداری و تعمیرات به عنوان راهکاری مؤثر برای مقابله با تنگناهای منابع مالی در صنعت آب و فاضلاب، بکار گرفته شود.

به طور کلی یکی از مشکلات عمده شبکه‌های آبرسانی به عنوان بخشی حیاتی از صنعت آب و فاضلاب، هدررفت‌های مربوط به آنها است. منظور از هدررفت در شبکه‌های آبرسانی، بخشی از آب تحویل داده شده از تصفیه‌خانه به شبکه آبرسانی می‌باشد، که

^۱ کارشناس ارشد مهندسی عمران - آب و فاضلاب، شرکت مهندسی مشاور سما، Sattar_salehi61@yahoo.com

^۲ کارشناس ارشد مهندسی عمران - محیط زیست، شرکت مهندسی مشاور سما، Kauve.jamali@samacorp.com

^۳ کارشناس ارشد مهندسی عمران - آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق، Alireza.Ghazizadeh@gmail.com



در اثر وجود نقایصی همچون ترک در لوله، نقص ساختاری شیرآلات و یا خطای اندازه‌گیری کنتورها، به هدر رفته و مورد استفاده مفید قرار نمی‌گیرد. شبکه‌های آبرسانی در بهترین حالت طراحی نیز دارای هدررفت می‌باشند، لذا آنچه که مورد نظر مسئولین صنعت آب و فاضلاب می‌باشد، کاهش مقدار هدررفت‌های شبکه آبرسانی تا مقدار حداقل ممکن می‌باشد. امروزه برای اندازه‌گیری نشت موجود در شبکه‌های آبرسانی و کنترل آن از روش ناحیه‌بندی مجزای اندازه‌گیری (DMA) استفاده می‌شود، که در بخش‌های بعدی در مورد چگونگی پیاده‌سازی این نواحی توضیحاتی ارائه خواهد شد. در این میان آنچه که قابل توجه می‌باشد، ارتباط مستقیم مقدار هدررفت با مقدار اثربخشی تجهیزات در شبکه‌های آبرسانی می‌باشد، لذا می‌توان با بهسازی شرایط حاکم بر تجهیزات شبکه آبرسانی مقدار تلفات مرتبط با آنها را به طور قابل توجهی کاهش داد. در این راستا با توجه با موارد فوق‌الذکر می‌توان اذعان نمود که پیاده‌سازی نظام‌های نگهداری و تعمیرات در شبکه‌های آبرسانی علاوه بر بهسازی اقتصادی، می‌تواند در کاهش مقادیر هدررفت آب نقش عمده‌ای داشته باشد. لذا لزوم استقرار و بهسازی نظام‌های نشت در شبکه‌های آبرسانی کاملاً مشهود می‌باشد. در این میان تجارب حاصله از پیاده‌سازی نظام‌های مختلف نگهداری و تعمیرات در صنایع مختلف بیانگر آن می‌باشد، که نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع (TPM) توانسته با ارائه دیدگاه‌های مدیریتی مؤثر در راستای همکاری سطوح مختلف کاری برای افزایش کارایی و کارآمدی تجهیزات، شرایط مطلوبی را بر صنعت حاکم نموده و منجر به افزایش بازدهی گردد. لذا می‌توان در صنعت آب و فاضلاب با ایجاد زیرساخت‌های سازمانی مورد نیاز برای استقرار و بهسازی نظام‌های نگهداری و تعمیرات در شبکه‌های آبرسانی، شرایط لازم برای پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی را مهیا نمود.

با توجه به اهمیت پیاده‌سازی TPM در صنعت آب و فاضلاب، در این مقاله سعی بر آن است که با ارائه چگونگی پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی با استفاده از DMAها و ارزیابی اثر آن بر روی کاهش مقدار هدررفت در شبکه‌ها، گامی مؤثر در این مسیر برداشته شود. در این راستا ابتدا با ارزیابی چگونگی رخداد و انواع هدررفت در شبکه‌های آبرسانی، در مورد ارتباط بین کارایی و کارآمدی تجهیزات و مقدار هدررفت در شبکه‌های آبرسانی بحث و بررسی صورت می‌گیرد. در ادامه با توجه به لزوم پیاده‌سازی نظام‌های مختلف نگهداری و تعمیرات در شبکه آبرسانی به طور اختصار در مورد این نظام‌ها بحث و بررسی صورت گرفته و سپس در مورد بهینه‌سازی آنها با استفاده از TPM توضیحاتی ارائه می‌شود. در انتها آنچه که به طور مفصل مورد ارزیابی قرار، که به عنوان نمونه جداولی مربوط به حذف ضایعات، نگهداری و تعمیرات خودگردان و همچنین نت برنامه‌ریزی شده شیرآلات شبکه آبرسانی ارائه می‌شود. در انتها با توجه به تأثیر TPM بر بهبود شرایط حاکم بر تجهیزات شبکه آبرسانی، کاهش هدررفت با استفاده از TPM بررسی می‌شود. لازم به ذکر است که مباحث ارائه شده در این مقاله می‌تواند مطالب مفیدی را برای پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی ارائه دهد، که با استفاده از آن می‌توان برای کاهش هدررفت در شبکه‌های آبرسانی گامی مؤثر برداشت.

هدررفت و ارتباط آن با اثربخشی تجهیزات در شبکه‌های آبرسانی

به قسمتی از آب تولید شده که بر اساس داده‌های فروش آب به مصرف نرسیده است هدررفت آب گفته می‌شود [۳،۲،۱]. بر اساس این تعریف هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی به دو صورت مجزا تقسیم می‌گردد:

- هدررفت‌های واقعی: که پیشتر تلفات فیزیکی نامیده می‌شدند، به قسمتی از آب تولیدی گفته می‌شود که به صورت نشت یا سرریز از تأسیسات و شبکه خارج می‌گردد. این هدررفت‌ها از طرق مختلف از جمله نشت از لوله‌های خط انتقال و شبکه توزیع، نشت از تجهیزات شبکه همچون اتصالات و شیرآلات، نشت از دیواره‌ی مخازن، سرریز مخازن و نشت از لوله‌های انشعاب منازل رخ می‌دهد [۲،۱]. در اشکال ۱ و ۲، تصاویر نشت از خط انتقال و از یک شیر نشان داده شده است.
- هدررفت‌های ظاهری: این بخش از هدررفت که پیشتر تلفات غیرفیزیکی نامیده می‌شدند، به قسمتی از اختلاف میان آب تولید شده و آب فروش رفته گفته می‌شود که براساس خطاهای اندازه‌گیری، استفاده غیر مجاز و یا خطاهای پردازش اطلاعات رخ می‌دهد. برخی عوامل بروز این هدررفت‌ها عبارتند کنتورهای خراب، عدم صحت قرائت کنتورها، تغییر اطلاعات مصرف در سیستم صورت حساب و استفاده‌های غیرمجاز از شبکه‌های آبرسانی [۳،۱].



شکل (۲): نشت از شیرآلات [۵]



شکل (۱): نشت از خط انتقال [۴]



شکل (۳): فرسایش ساختار یک کنتور [۵]

با توجه به موارد ذکر شده آنچه که در بیشتر عوامل مرتبط با هدررفت مشهود است، ارتباط بین هدررفت (چه واقعی و چه ظاهری) با شرایط تجهیزات شبکه آبرسانی و نحوه راهبری آنها می‌باشد. به عبارتی دیگر استفاده از تجهیزاتی با کارایی نامطلوب و یا عدم راهبری صحیح تجهیزات مناسب می‌تواند منجر به کاهش اثربخشی تجهیزات شده و به طور متقابل منجر به افزایش هدررفت شود. به عنوان مثال در مورد هدررفت‌های واقعی، راهبری صحیح شیرآلات و باز و بسته کردن صحیح آنها می‌تواند از رخداد فرسایشات زودرس برای شیرآلات جلوگیری نموده و علاوه بر نشت‌های فعلی، از رخداد نشت‌های حاصله از فرسودگی نیز جلوگیری نماید. همچنین در مورد هدررفت‌های ظاهری می‌توان با بهبود عملکرد کنتورها و افزایش اثربخشی آنها، مقادیر هدررفت ظاهری آب را به طور قابل توجهی کاهش داد. شکل ۳ نمونه‌ای از ساختار یک کنتور فرسوده را نشان می‌دهد، که در اثر فرسایش بیش از اندازه می‌تواند در اندازه‌گیری مقدار آب خطای قابل توجهی داشته باشد.

علاوه بر موارد فوق‌الذکر، به طور کلی می‌توان اذعان نمود در مورد نشت از شبکه براساس تحقیقات و پژوهش‌هایی که توسط محققین کاهش هدررفت در شبکه‌های آبرسانی صورت گرفته است، ۴ عامل به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر روی نشت شبکه در نظر گرفته شده، که در شکل ۴ نشان داده شده است. این ۴ عامل عبارتند از (۱) سرعت و کیفیت تعمیرات؛ (۲) مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری، نوسازی و بازسازی لوله‌ها و تأسیسات شبکه؛ (۳) کنترل فعال نشت؛ و (۴) مدیریت فشار. این ۴ عامل می‌توانند به عنوان عواملی که از افزایش نشت سالانه جلوگیری می‌کنند، در نظر گرفته شوند [۶]. لیکن آنچه که در این ۴ عامل کاملاً مشهود است، اهمیت بحث نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه و ارتباط مستقیم پیاده‌سازی نظام‌های نگهداری و تعمیرات و کاهش مقدار نشت سالانه می‌باشد.



شکل (۴): عوامل مؤثر بر نشت [۶]

افزایش اثربخشی تجهیزات شبکه‌های آبرسانی با استفاده از نظام‌های نگهداری و تعمیرات و بهینه‌سازی آنها با TPM

همانطور که در بخش‌های قبل نیز ارزیابی شد، ارتباط مستقیمی بین مقدار هدررفت آب و اثربخشی تجهیزات شبکه آبرسانی وجود دارد. لذا طرح‌ریزی برنامه‌های افزایش کارآمدی تجهیزات می‌تواند به عنوان یکی از فعالیت‌های مهم در جهت کاهش هدررفت در شبکه‌های آبرسانی محسوب شود. در این راستا لزوم استفاده از نظام‌های نگهداری و تعمیرات اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

نظام‌های نگهداری و تعمیرات مجموعه‌ای است متشکل از روش‌ها، فرم‌ها و دستورالعمل‌هایی که اهداف عملیات بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات را برآورده ساخته و مدیریت نت (نگهداری و تعمیرات) را در جهت برنامه‌ریزی و نظارت بهتر بر امور نگهداری و تعمیرات واحدهای صنعتی یاری می‌کند، که با کمک آنها می‌توان از امکانات موجود حداکثر استفاده را نمود. آنچه را که یک نظام نگهداری و تعمیرات کارآمد می‌تواند برای شبکه‌های آبرسانی عرضه کند، عبارت است از برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات، سازماندهی امور نگهداری و تعمیرات، روش‌های کنترل و ثبت اطلاعات، پشتیبانی بخش نگهداری و تعمیرات و بررسی و تجزیه و تحلیل فنی-اقتصادی نگهداری و تعمیرات انجام شده. پس از تهیه و تدوین یک نظام نگهداری و تعمیرات، عواملی از قبیل آموزش، کنترل مستمر، اتوماسیون سیستم‌های اطلاعاتی (با بهره‌جویی از رایانه جهت پردازش اطلاعات)، نظارت و اعمال روش‌های عملی و فنی مستمر، می‌توانند نقش مؤثری در پویایی و اجرای آن ایفا کنند.

در روش‌های مختلف موجود برای پیاده‌سازی نظام‌های نگهداری و تعمیرات، می‌توان ادعان داشت که TPM به عنوان کامل-ترین روش نگهداری و تعمیرات توانسته بالاترین بازدهی را در صنایع مختلف ایجاد نماید. در واقع TPM روشی برای بهینه‌سازی نظام‌های نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده و پیش‌اقدامانه (پیشگیرانه و پیشگویانه) می‌باشد، که به عامل انسانی توجه خاص مبذول داشته و از طریق ارتقاء ویژگی‌های انسان‌ها، به هدف افزایش عمر اقتصادی تجهیزات و بهبود کارایی آنها دست می‌یابد [7]. لذا با پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی با افزایش کارایی تجهیزات شبکه آبرسانی همچون شیرآلات، مقدار هدررفت و نشت حاصله از آنها نیز کاهش می‌یابد. رکن اساسی TPM، مشارکت بهره‌برداران، مسئولین نگهداری و تعمیرات و مهندسين می‌باشد، که منجر به توسعه کارآمدی و کارایی کلی تجهیزات (OEE) شده، که این امر در شبکه‌های آبرسانی منجر به کاهش هدررفت و صرفه‌جویی اقتصادی می‌شود. به طور کلی برای TPM ۵ رکن اصلی وجود دارد که چگونگی مشارکت پرسنل را تشریح می‌کند. ۵ رکن اصلی TPM بر اصول پایه‌ای شیوه‌های کاری مناسب که در ارتباط با کارایی و کارکرد نت می‌باشد، تأکید می‌کند. ۵ رکن بنیادی این دیدگاه شامل موارد ذیل می‌شود [۸،۷،۹]:

(۱) پیشرفت و توسعه کارایی و کارآمدی تجهیزات: به عبارتی دیگر علت‌یابی ضایعات ۶ گانه ناشی از خرابی‌های اضطراری، آماده‌سازی و تنظیمات، توقفات جزئی، بهره‌برداری نامطلوب، راه‌اندازی تجهیزات و ضایعات کیفی.

(۲) درگیر نمودن بهره‌برداران در نت روزانه (نت خودگردان): واژه Autonomous، به مفهوم خودگردان می‌باشد و اشاره به همکاری کلیه بهره‌برداران در نگهداری و تعمیرات از تجهیزات موجود را داشته، که این عملیات به صورت مستقل از واحد نت



صورت می‌پذیرد [۹،۷]. در حالت کلی این فعالیت‌ها می‌تواند شامل بازرسی‌های روزانه، روغن‌کاری، تعویض قطعات یدکی، تعمیرات ساده و ابتدایی، شناسایی مشکلات و کنترل‌های دقیق گردد.

(۳) توسعه و پیشرفت بازدهی و کارایی نت (نت برنامه‌ریزی شده): نت برنامه‌ریزی شده یا پیشگیرانه عبارت است از تشخیص به موقع و سریع وضعیت و رفع معایب و شرایط غیرطبیعی تجهیزات، قبل از رخداد معایب اساسی و یا ضایعات [۹،۷]. این فعالیت معمولاً شامل عملیات نت اساسی تجهیزات می‌شود، که برنامه آن باید توسط مهندسین نت طرح‌ریزی شود.

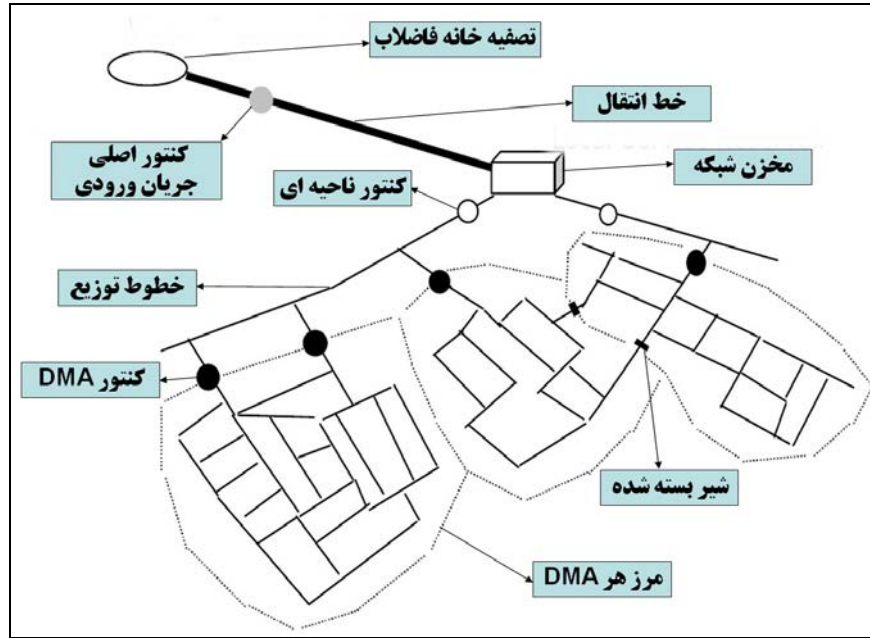
(۴) آموزش و تربیت پرسنل: این عمل شاید از دیدگاه TPM مهمترین کار باشد [۸]. آموزش شامل هر سطح در گروه کاری می‌شود: بهره‌بردارها برای صحت راهبری تجهیزات و پرسنل نت برای ارائه برنامه‌های تعمیرات اساسی آموزش داده می‌شوند.

(۵) طراحی و مدیریت تجهیزات برای پرهیز از نت: طراحی تجهیزات با کارکرد و نگهداری ساده‌تر نسبت به طراحی‌های قبلی، از اصول پایه‌ای TPM می‌باشد. پیشنهادهای موجود از سمت بهره‌برداران و مسئولین نت می‌توانند به مهندسین در امر طراحی، تشخیص و تولید تجهیزاتی با کارایی بیشتر کمک کنند.

چگونگی پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی با استفاده از نواحی DMA

به طور کلی برای استقرار TPM در شبکه‌های آبرسانی، باید با شناسایی شرایط خاص حاکم بر شبکه و تجهیزات مورد استفاده در آنها، نسبت به انتخاب تجهیزات حیاتی و حساس آن اقدام نموده و برنامه پیاده‌سازی TPM را از آنها شروع نمود. منظور از تجهیزات حساس و حیاتی، تجهیزاتی می‌باشند که مهمترین نقش فرآیندی را در شبکه‌های آبرسانی دارند. در شبکه‌های آبرسانی می‌توان با ارزیابی مقدار هدررفت شبکه توزیع هر یک از مناطق شهر، شبکه منطقه‌ای از شهر را که دارای بیشترین تلفات آب می‌باشد، به عنوان یک محدوده بحرانی انتخاب نموده و در راستای پیاده‌سازی TPM در آن محدوده اقدام نمود. راستای شناسایی محدوده موردنظر از شبکه توزیع برای پیاده‌سازی TPM، می‌توان از روش DMA استفاده نمود.

یک DMA به صورت ناحیه‌ای مجزا شده از سیستم توزیع تعریف می‌شود که معمولاً با بستن شیرها یا انفصال کامل لوله‌ها ایجاد می‌گردد و در آن مقادیر آب ورودی به ناحیه و خروجی از آن اندازه‌گیری شده و برای بیان مقدار کمیت نشت، جریان این ناحیه مورد تحلیل قرار می‌گیرد [۱۱،۱۰]. با استفاده از DMA می‌توان مناطقی از شبکه توزیع را که شرایط بحرانی‌تری از لحاظ هدررفت آب و خرابی تجهیزات نسبت به مناطق دیگر دارند، شناسایی نموده و برای پیاده‌سازی TPM در شبکه، از این مناطق اقدام نمود. در واقع همراه با عملیات نشت‌یابی که در واحدهای DMA صورت می‌پذیرد، می‌توان لیستی از تجهیزات ناکارآمد در ناحیه موردنظر اعم از شیرآلات کنترل و قطع و وصل معیوب، کنتورهای خراب، شیرآلات فشارشکن نامناسب یا خراب، لوله‌های دارای شکاف و منفذ و احیاناً پمپ‌های معیوب و دیگر تجهیزات ناکارآمد را جمع‌آوری نموده و تمامی مسائل مربوط به خرابی تجهیزات و نشت ناشی از خرابی آنها اعم از تعداد تجهیزات خراب، علت خرابی و یا عملکرد نامطلوب، مقدار نشت حاصله از خرابی‌های موجود و دیگر موارد مهم را در لیست موجود ثبت نمود. با ارزیابی مقدار هدررفت آب DMAهای مختلف و همچنین تعداد تجهیزات خراب موجود در آنها، می‌توان نسبت به انتخاب DMA موردنظر برای پیاده‌سازی TPM اقدام نمود. لازم به ذکر است که قبل از شروع عملیات پیاده‌سازی TPM، باید نسبت به اطلاع‌رسانی تمامی پرسنل راهبری شبکه آبرسانی در مورد پیاده‌سازی TPM در محدوده DMA انتخابی اقدام نموده و نظرات و ایده‌های مدیریت در مورد علت انتخاب این تصمیم اعلام شود. برای این کار لازم است جلسات توجیهی برگزار شده و به تمامی سؤالات سطوح مختلف کاری پاسخ داده شود. برای شروع برنامه پیاده‌سازی باید تجهیزات موجود در DMA انتخابی مورد ارزیابی قرار گرفته و مشکلات آنها همراه با علل و راه حل آنها مورد بررسی قرار گیرد. در این میان لازم است با استفاده از برگزاری جلسات مستمر بین بهره‌برداران تجهیزات، از تجارب آنها برای شناسایی مشکلات تجهیزات استفاده نمود. در شکل ۵ نمونه‌ای از ایجاد نواحی DMA نشان داده شده است.



شکل (۵): نمونه‌ای از ایجاد نواحی DMA [۱۰]

برای پیاده‌سازی ۵ رکن TPM در DMA انتخابی لازم است، در گام اول، هر یک از ضایعات شش‌گانه قابل رخداد در تجهیزات موردنظر شناسایی شده و سپس علل آنها و روش‌های حل آنها مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی برای جلوگیری از رخداد این ضایعات، بهترین راه حل، راهبری و بهره‌برداری اصولی و سازماندهی شده تجهیزات می‌باشد، که باید بهره‌برداران را بر این اساس آموزش داد. در گام دوم، لازم است برای پیاده‌سازی نت خودگردان، فعالیت‌های پایه نت اعم از روغن‌کاری، آچارکشی، تمیزکاری و تعمیرات اولیه و ساده به بهره‌برداران آموزش داده شود. در گام سوم و در راستای بهینه‌سازی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات خودگردان، لازم است که فعالیت‌های بهره‌برداران به توسط تیم مهندسی نگهداری و تعمیرات بهینه شده و توسط این تیم برنامه‌های اصولی نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده در اختیار بهره‌برداران قرار گیرد. در گام چهارم باید برای بهسازی برنامه‌های نگهداری و تعمیرات، سطوح مختلف کاری اعم از بهره‌برداران و مهندسی نت مورد آموزش قرار بگیرند و اطلاعات آنها به روز شود. سرانجام به عنوان آخرین گام TPM، باید با استفاده از اطلاعات فنی بدست آمده از فعالیت‌های تیم‌های بهره‌برداری و تیم‌های نگهداری و تعمیرات، در راستای بهسازی طراحی تجهیزات و ایجاد شرایط بی‌نیاز از تعمیر در آنها اقدام نمود.

با توجه به مسائل ذکر شده در مورد پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی، به عنوان نمونه روش پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات خودگردان و برنامه‌ریزی شده و همچنین شناسایی مشکلات و حل آنها در شیرآلات کنترل (به عنوان یکی از تجهیزات مهم شبکه‌های آبرسانی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. که در این راستا شناسایی مشکلات (ضایعات) و حل آنها (رکن اول TPM) در قالب جدول ۱، نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده (پیشگیرانه) (رکن سوم TPM) در قالب جدول ۲ و عملیات نگهداری و تعمیرات خودگردان (رکن دوم TPM) به صورت جدول ۳ ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که با پیاده‌سازی عملیات مربوط به این ۳ جدول می‌توان در راستای مدیریت تجهیزات شیرآلات برای طراحی‌های بی‌نیاز از تعمیر (رکن پنجم TPM)، گام مؤثری برداشت.

جدول (۱): مشکلات، علل و راه‌حل آنها در شیرهای کنترل و قطع و وصل در شبکه‌های آبرسانی [۱۲،۸]

مشکلات							علل
سرعت پایین	سستن و باز کردن	سرعت زیاد	سستن و باز کردن	فشار بیش از اندازه	سختی در محور شیر	وجود نشت در شیر	
						✓	وجود مواد زائد در نشیمن گاهی شیر
						✓	



				✓	✓	فرسایش بیش از اندازه
				✓	✓	سائیدگی
		✓	✓	✓	✓	وجود فشارهای بسیار زیاد
					✓	خسارت‌های مکانیکی
			✓			عدم تناسب محفظه
			✓			شل بودن بدنه محفظه
					✓	سفت بودن بیش از اندازه محفظه
					✓	میله اهرم و دندان‌های خسارت‌دیده
					✓	محدودیت محور شیر
✓		✓				اندازه نامناسب شیر

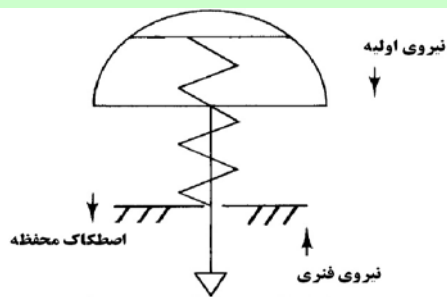
جدول (۲): نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده شیرهای کنترل و قطع و وصل در شبکه‌های آبرسانی/۱۳

در صورت نیاز	سالانه	نیمسال	فصلی	ماهانه	هفتگی	نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)
✓						تعویض زبانه، تمیز کردن محل پیچ زبانه، تعویض واشر در صورت نشستی از شیر
			✓			کنترل فشار در شیر
	✓					کنترل نشست، اطمینان از استقرار زبانه در محل خود
				✓		روغن کاری و عایق کاری: برای نفوذ روغن به داخل محفظه شیر، پیچ بالای شیر را بچرخانید؛ عملکرد و کارایی شیر را کنترل کنید

جدول (۳): نگهداری و تعمیرات خودگردان شیرهای کنترل و قطع و وصل در شبکه‌های آبرسانی/۱۴، ۱۵، ۱۶

دستورالعمل‌های نت خودگردان شیرهای کنترل و قطع و وصل
دیافراگم محرک
اغلب محرک‌های فنری و دیافراگمی پنوماتیک، از یک دیافراگم قالب گرفته شده استفاده می‌کنند. دیافراگم قالب گرفته شده، عملیات نصب را آسان کرده، در سرتاسر مسیر حرکت شیر یک محیط یکنواخت ایجاد کرده و مقدار مسیر بیشتری را نسبت به دیافراگم ورقه صاف و هموار ایجاد می‌کند. در صورت استفاده از یک دیافراگم صفحه هموار در نت اضطراری، در صورت امکان هر چه سریع‌تر باید آن را با یک دیافراگم قالب‌بندی شده تعویض نمود.
پوشش محور شیر
این پوشش آب‌بند فشاری اطراف محور یک شیر با بدنه کروی یا زاویه‌دار را تأمین نمود و در صورت مشاهده نشست در اطراف محور شیر و یا باز نمودن شیر برای دیگر عملیات نت یا نظارت و بازرسی، باید این پوشش را تعویض نمود. قبل از شل کردن مهره‌های پوشش، باید از عدم وجود فشار بر روی بدنه شیر اطمینان حاصل نمود. جداسازی پوشش بدون جداسازی محرک مشکل بوده و پیشنهاد نمی‌شود. همچنین نباید با اعمال فشار به مجرای روغن‌دان در سرپوش، برای بیرون آوردن رینگ‌های قدیمی پوشش، تلاش نمود. همچنین از آنجا که آرایش بسیاری از پوشش‌ها به گونه‌ای است که نیمی از رینگ‌ها در زیر مجرای روغن‌دان قرار می‌گیرد، لذا این عمل می‌تواند منجر به عملکرد نامطلوب شیر گردد. روش بهتر، جداسازی سرپوش شیر و محرک و سپس خارج نمودن محور شیر می‌باشد. پوشش قدیمی را باید از قسمت بالای درپوش خارج نمود. از محور درپوش شیر نباید استفاده نمود؛ چرا که پیچ‌های موجود ممکن است که متحمل فشار زیادی گردند. محفظه پوشش را باید تمیز نمود. محور شیر را باید مورد بازدید قرار داده تا معایبی زیان‌آور برای پوشش جدید، بر روی آن مشاهده نشود. صحت وضعیت شیر و دیگر اجزاء آن را باید ارزیابی نمود. بعد از عملیات سوار کردن دوباره شیر، عملیات سفت کردن پیچ و مهره بدنه و سرپوش شیر باید همانند عملیات سفت کردن پیوند لوله باشد. استقرار اجزاء پوشش جدید بر روی محور شیر باید به طور مناسب انجام شود، به طوری که دندان‌های موجود بر روی محور شیر، به رینگ‌های پوشش خسارتی وارد نکند. تنظیمات پوشش باید براساس دستورالعمل سازنده باشد.
رینگ‌های نشیمن گاهی

حالات سرویس‌دهی سخت و شدید می‌تواند منجر به خسارت دیدگی سطح نشیمن گاهی و رینگ‌ها گردد، به طوری که شیر به طور مطلوب بسته نخواهد شد. ساییدن سطوح نشیمن گاهی اگر خسارت شدیدی را ایجاد نکند، می‌تواند عملیات بسته شدن شیر را بهبود بخشد. در صورت وقوع خسارات شدید، باید رینگ نشیمن گاهی را تعویض نمود.



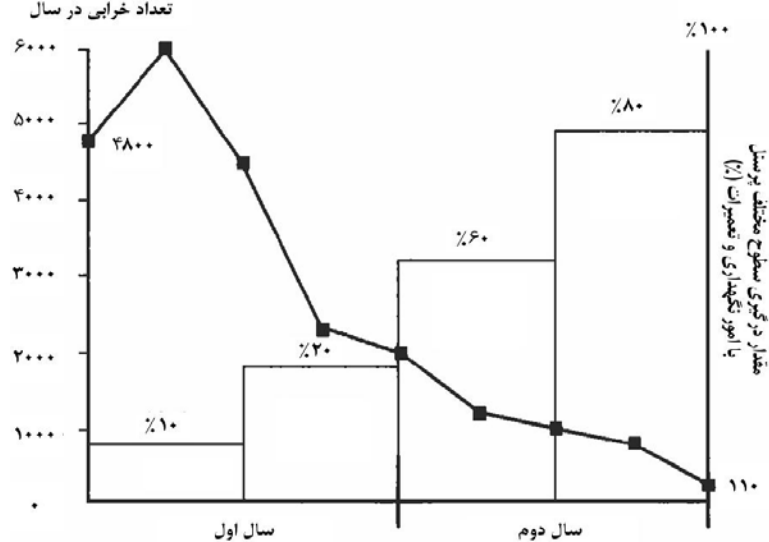
شکل (۶): نیرو نشیمن‌گاهی تنظیم پنج [۱۴]

ادامه جدول (۳): نگهداری و تعمیرات خودگردان شیرهای کنترل و قطع و وصل در شبکه‌های آبرسانی [۱۴، ۱۵، ۱۶]

دستورالعمل‌های نت خودگردان شیرهای کنترل و قطع و وصل	
رینگ‌های نشیمن‌گاهی - نشیمن‌گاه‌های فلزی ساییده شده	با استاده از عملیات ساییدن، می‌توان شرایط سطوح نشیمن‌گاهی سرپوش شیر و رینگ نشیمن‌گاهی را بهبود بخشید. بسیاری از ابزار ساییدگی به صورت تجاری در دسترس می‌باشند. برای ساختارهای قفسه‌ای شکل، باید سرپوش یا پیوند لوله پایین را به بدنه، پیچ و مهره کرده، که این عملیات به همراه قرارگیری واشرها در محل قفسه و رینگ نشیمن‌گاهی بوده و جهت مساعدت در تراز نمودن درپوش شیر با رینگ نشیمن‌گاهی در طول عملیات ساییدن می‌باشد. یک ابزار ساییدگی ساده می‌تواند از یک تسمه آهنی تشکیل شود که به محور درپوش شیر به وسیله پیچ و مهره، قفل می‌شود. در بدنه‌های دو قسمتی، به طور معمول رینگ بالایی سریع‌تر از رینگ پایینی ساییده می‌شود. تحت چنین شرایطی، باید از اجزاء ساییده در قسمت پایینی رینگ و تنها از اجزاء صیقل-دهنده بر روی رینگ بالایی استفاده نمود. در صورت نشت یکی از این قطعات، باید برای رینگ بدون نشت از اجزاء ساییده بیشتر و بر روی رینگ دیگر از اجزاء صیقل‌دهنده استفاده نمود. این روش، رینگ نشیمن‌گاهی بدون نشت را تا زمان برخورد و لمس دو نشیمن‌گاهی با یکدیگر، سایش می‌دهد. به هنگام ساییدن یکی از رینگ‌های نشیمن‌گاهی نباید رینگ دیگر را به صورت خشک رها نمود. بعد از عملیات سایش، سطوح نشیمن‌گاهی را باید تمیز و چگونگی بسته شدن شیر را باید آزمایش نمود. اگر همچنان مقدار نشت زیاد می‌باشد، باید روش ساییدن را تکرار نمود.
رینگ‌های نشیمن‌گاهی - تعویض رینگ‌های نشیمن‌گاهی	برای تعویض رینگ‌های نشیمن‌گاهی، همواره بهتر است که از دستورالعمل سازنده استفاده نمود. برای رینگ‌های نشیمن‌گاهی دنداندار، باید برای بیرون آوردن رینگ، از یک وسیله مخصوص استفاده نمود. قبل از جدا نمودن رینگ‌های نشیمن‌گاهی، باید احتمال اتصال جوشی رینگ به بدنه شیر را کنترل نمود. در صورتی که این اتصال، وجود داشته باشد، باید جوش را برید. در بدنه‌های دو قسمتی، یکی از رینگ‌های نشیمن‌گاهی کوچکتر از دیگری می‌باشد. در شیرهایی با عملکرد مستقیم (فشار دادن شیر برای بسته شدن آن)، قبل از نصب رینگ بزرگتر، رینگ کوچکتر در قسمت بدنه را باید دورتر از سرپوش نصب نمود. در شیرهایی با عملکرد معکوس (فشار دادن شیر برای باز کردن آن)، قبل از نصب رینگ بزرگتر، رینگ کوچکتر را در قسمت بدنه نزدیکتر به درپوش باید نصب نمود. بعد از سفت کردن رینگ نشیمن‌گاهی دنداندار، تمامی اجزاء اضافه لوله را باید حذف نمود. برای اطمینان از عدم شل‌شدگی، رینگ نشیمن‌گاهی دنداندار را می‌توان خال جوش نمود.
تنظیم پنج (شکل ۶)	
تنظیم پنج عبارت است از فشردگی اولیه قرار گرفته بر روی فنر محرک به همراه یک تنظیم‌کننده فشار. در مورد شیرهایی با قابلیت ارتباط با هوا، تنظیم پایین‌تر پنج بیانگر مقدار نیروی نشیمن‌گاهی موجود و فشار موردنیاز برای شروع باز شدن شیر می‌باشد. در مورد شیرهای غیر مرتبط با هوا، تنظیم پایین‌تر پنج بیانگر مقدار نیروی نشیمن‌گاهی موجود و فشار موردنیاز برای شروع بسته شدن شیر می‌باشد. در این نوع شیرها، نیروی نشیمن‌گاهی با استفاده از تفاضل فشار عملیاتی و تنظیم پنج و مقدار فشردگی ناشی از حرکت در فنر حاصل می‌شود. به علت مقاومت فنر، ممکن است که در زاویه فنر تغییراتی ایجاد شود. در مواقعی که شیر به حالت نشسته می‌باشد، تنظیم پنج نیاز به بیشترین دقت را خواهد داشت. باید برای تنظیم فنر، به دستورالعمل سازنده مراجعه نمود.	

ارتباط بین درگیر نمودن سطوح مختلف پرسنل در TPM و کاهش هدررفت در شبکه آبرسانی

همان طور که ذکر شد، TPM توجه خاصی را به عامل انسانی مبذول داشته و به وسیله درگیر نمودن سطوح مختلف پرسنل با عملیات بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات، سعی بر افزایش کارایی و کارآمدی مدیریت و عملکرد تجهیزات دارد. در این راستا، تجارب موجود بیانگر آن می‌باشند، که درگیر نمودن هر چه بیشتر پرسنل با امور نگهداری و تعمیرات، منجر به کاهش خرابی-های تجهیزات و افزایش کارایی تجهیزات و در نهایت بهینه‌سازی کیفی محصول بدست آمده می‌شود. شکل ۵، نشان‌دهنده نمونه‌ای از کاهش مقدار خرابی تجهیزات و همچنین کاهش احتمال تنزل کیفی محصول نهایی واحدهای صنعتی در طول زمان، در اثر درگیر نمودن سطوح مختلف پرسنل، در راستای استقرار نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع می‌باشد.



شکل (۷): ارتباط بین تعداد خرابی‌ها با مقدار درگیر نمودن سطوح مختلف پرسنل در امر نت، در یک واحد صنعتی خاص [۱۶، ۱۷، ۱۸]. استقرار نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع (TPM) در شبکه‌های آبرسانی منجر به بهینه‌سازی نظام راهبری حاکم بر شبکه شده و همچنین مقدار اثربخشی و قابلیت اطمینان تجهیزات را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد، که مجموعه این عوامل منجر به کاهش قابل توجهی در هدررفت آب می‌گردد. پیاده‌سازی اصولی و سازماندهی شده نت بهره‌ور جامع در شبکه‌های آبرسانی دربرگیرنده فواید بسیاری می‌باشد، که برخی از این فواید در ارتباط مستقیم با کاهش مقدار هدررفت‌های واقعی و ظاهری در شبکه می‌باشند، که این موارد در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول (۴): برخی نتایج حاصله از استقرار TPM در شبکه‌های آبرسانی و تأثیر آن بر کاهش مقدار هدررفت [۱۶]

برخی نتایج حاصله از پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی	اثرگذاری در راستای کاهش هدررفت‌ها
- ایجاد و بهبود سیستم اطلاعات فنی به عنوان بانک اطلاعاتی بهره‌بردار	- کاهش هدررفت ظاهری با کاهش احتمال خطا در سیستم ثبت اطلاعات کنتورها
- کاهش تعمیرات تکراری و متوالی و در نتیجه استفاده بهتر از قطعات یدکی و نیروی انسانی	- کاهش هدررفت واقعی با ایجاد روش‌های صحیح راهبری کنتورها
- افزایش کیفیت بهره‌برداری و جلوگیری از ضایعات ناشی از خرابی تجهیزات و دستگاه‌ها	- کاهش هدررفت واقعی در تمام تجهیزات
- ایجاد نظم و ترتیب و استاندارد کردن کارهای تعمیراتی	- کاهش هدررفت‌های ظاهری ناشی از خرابی کنتورها و همچنین خطاهای ثبت اطلاعات اندازه‌گیری



نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به موارد فوق‌الذکر و همچنین تجارب موجود مبنی بر بهینه‌سازی عملکرد واحدهای صنعتی بر اثر استقرار نظام نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با استقرار TPM در شبکه‌های آبرسانی، می‌توان با افزایش قابلیت اطمینان، کارایی و کارآمدی تجهیزاتی همچون شیرآلات مقدار هدررفت‌های واقعی را کاهش داده و همچنین با ایجاد سیستم‌های ثبت اطلاعات سازماندهی شده برای کنتورها و همچنین جلوگیری از فرسایش زودرس آنها، در راستای کاهش هدررفت‌های ظاهری نیز گامی مؤثر برداشت. در این راستا براساس توضیحات ارائه شده در این مقاله، پیشنهاد می‌شود جهت بهسازی و سازماندهی فرآیند پیاده‌سازی TPM در شبکه‌های آبرسانی، مبتنی بر شرایط DMAهای مختلف در شبکه‌های آبرسانی، اقدامات لازم صورت گیرد. همچنین لازم به ذکر است، با توجه به اینکه دستیابی به اهداف بهره‌وری در سازمان تنها از طریق توجه به افزایش کارآمدی تأسیسات و ماشین‌آلات حاصل نمی‌گردد، لازم است با توجه به شرایط خاص شبکه‌های آبرسانی و محدودیت‌ها و دشواریهای موجود در زمان راهبری تأسیسات، ارتقاء سطح کیفی فعالیت‌های نیروی انسانی در حوزه بهره‌برداری، در برنامه مدون TPM در نظر گرفته شود. در این راستا عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت فعالیت‌های نیروی انسانی شامل آموزش کاربردی و هدفمند جهت کسب مهارت‌های لازم، تقویت تفکر سیستمی در راستای بهینه‌سازی سازمان کار و ایجاد انگیزه در جهت بهبود مستمر فعالیت‌ها می‌باشند.

منابع و مراجع

- [1] Farley, M. Trow, S. "Losses in Water Distribution Networks". IWA Publishing (UK). (2007).
- [2] جمالی، کاوه، صالحی، ستار. "دستورالعمل کاهش هدررفت واقعی در شبکه‌های آبرسانی". اسناد شرکت مهندسی مشاور سما. (۱۳۸۷).
- [3] جمالی، کاوه، صالحی، ستار. "دستورالعمل کاهش هدررفت ظاهری در شبکه‌های آبرسانی". اسناد شرکت مهندسی مشاور سما. (۱۳۸۷).
- [4] صالحی، ستار. "اطلاعات اینترنتی". اسناد شرکت مهندسی مشاور سما. (۱۳۸۷).
- [5] اسناد شرکت مهندسی مشاور سما. "اطلاعات مربوط به پروژه کنترل تلفات تنکابن-استان مازندران". (۱۳۸۶).
- [6] تابش، مسعود، میرسپاسی، عبدالمهدی. "پیش‌نویس-دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل مؤثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن". نشریه شماره ۳۰۸-الف، وزارت نیرو-استاندارد مهندسی آب. (۱۳۸۶).
- [7] حاج شیرمحمدی، علی. "نگهداری و تعمیرات (نت) بهره‌ور فراگیر (TPM)". چاپ سوم. تهران: انتشارات ارکان. (۱۳۸۲).
- [8] Mobley, R. Keith. "Introduction To Predictive Maintenance". 2nd ed. Elsevier Science (USA). (2002).
- [9] رستمیان، هوشنگ. "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور، جلد دوم- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر". تهران: انتشارات ترمه. (۱۳۸۵).
- [10] Morrison, J. Tooms, S. Rogers, D. "District Metered Areas (DMA)". IWA Publishing (UK). (2007).
- [11] جمالی، کاوه، صالحی، ستار. "دستورالعمل پیاده‌سازی DMA در شبکه‌های آبرسانی". اسناد شرکت مهندسی مشاور سما. (۱۳۸۷).
- [12] Ricky Smith and R. Keith Mobley. "Industrial Machinery Repair: Best Maintenance Practices Pocket Guide". Elsevier-Butterworth-Heinemann. (2003).
- [13] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- معاونت امور پشتیبانی. "راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، بخش دوم- تصفیه ثانویه". نشریه شماره ۲۸۴، مرکز مدارک علمی و انتشارات. (۱۳۸۳).
- [14] Fisher Controls International, Inc. "Control Valve Handbook". Third Edition (۲۰۰۱).
- [15] صالحی، ستار. "تدوین برنامه نگهداری و تعمیرات (نت) بهره‌ور جامع (TPM) تأسیسات جامدات بیولوژیکی (لجن) در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به روش لجن فعال". پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور). (۱۳۸۶).
- [16] صالحی، ستار، جمالی، کاوه، قاضی‌زاده، علیرضا. "امکان‌سنجی کاهش هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی با استفاده از TPM". اولین کنفرانس TPM. تهران. (۱۳۸۷).
- [17] Willmott, Peter. McCarthy, Dennis. "TPM - A Route to World-Class Performance", B-H. (2001).
- [18] صالحی، ستار. "بهینه‌سازی کیفی جریان خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ایران با استفاده از نظام نگهداری و تعمیرات (نت) بهره‌ور جامع (TPM)". دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست. دانشگاه تهران. (۱۳۸۷).
- [19] بدلیانس قلی‌کندی، گاگیک، صالحی، ستار. "نگهداری و تعمیرات (نت) بهره‌ور جامع (TPM) تأسیسات تصفیه فاضلاب به روش SBR برای اجتماعات کوچک". چهارمین کنفرانس بین‌المللی نگهداری و تعمیرات. تهران. (۱۳۸۶).