بحث و نتیجه گیری :

همانطور که عنوان شد قسمتی از تاسیسات آبرسانی از جنس فلز (فولاد، چدن و گالوانیزه) هستند. این قسمت بدلیل خاصیت خورندگی آب به مرور از داخل دچار فرسودگی می شوند. قسمتی از گازکربنیک مازاد سبب انحلال کربنات کلسیم موجود در بتون و تاسیسات بتونی موجود در مخازن ولوله های آزبست و نهایتاً افزایش سختی آب خواهد شد. بنابراین بایستی مقدار مناسب گازکربنیک را جهت برقراری رابطه تعادلی محاسبه نمود و در نهایت مازاد آنرا با روشهای مقرون بصرفه از شبکه حذف کرد.

برخی از مشکلات مستقیم و غیر مستقیمی که گاز کربنیک اضافی ایجاد خواهد کرد به شرح ذیل است: ایجاد رسوب و گچ ، ایجاد رنگ شیری در آب که برخی مشترکین آنرا با کلر اشتباه می گیرند، خرابی شیرآلات ، افت فشار در شبکه های با قطر پائین ، گرفتی صافی ها و کاهش شدید کیفیت آب و آزاد شدن روی و سرب از شیرآلات برنجی و لوله های گالوانیزه.

اگر مشخصاب نمونه آب زیر منحنی تعادلی باشد بدین معناست که آب پتانسیل بالایی برای انحلال کربنات کلسیم و به تبع آن توانایی زیبادی در خوردگی لوله ها خواهد داشت. اکثر منابع زیر زمینی این مشکل را در شبکه های آبرسانی ایجاد می کنند.

۷- پیشنهادات :

مشاهده می شود که در برخی مناطق با شرایط اقلیمی مشابه، عمر تاسیسات آبرسانی متفاوت است. لذا یکی از راهکارها بررسی کیفیت آب منطقه است. گاز های محلول درآب توانایی تغییر در شرایط بهره برداری را دارند، لذا شناسایی تاثیرات آنها و آشنایی با راه های کاهش آسیب ها به طراحی و راهبری تاسیسات کمک میکند.

این موضوع فقط مربوط به تاسیسات آبرسانی شرکتهای آب و فاضلاب نیست بلکه مستقیماً با تاسیسات داخلی مشترکین مستقیماً ارتباط دارد. آبگرمکنهای داخل منازل، ماشینهای لباسشویی و ظرفشویی، کتری ها ، صافی ها و لوله کشی منازل تحت تاثیر مدیریت گازهای محلول در آب هستند.

پیشنهاد می گردد:

- با توجه به اینکه میزان گاز کربنیک شبکه بالا است از روشهای مقرون به صرفه جهت کاهش گاز ها اقدام گردد تا ازتخریب تاسیسات و کاهش کیفیت آب جلوگیری نمود.این گاز بایستی در شبکه آبرسانی شهر به حداقل مقدار خود برسد.
- منابع به تفکیک مورد مطالعه قرار بگیرد و آنهایی که مقادیر بالایی از دی اکسید کربن دارند بعد از بررسی حذف یا با ایجاد تناسب با سایر منابع مخلوط شوند.
- کارشناسان بهره برداری و آزمایشگاههای آب نسبت به اندازه گیری گازهای موجود درآب و تاثیرات آنها اقدام نمایند و نتایج حاصل از محاسبات را در کنار میزان تخریب مخازن و تاسیسات آبرسانی قرار دهند تا با مقایسه نتایج بع راهکار مقرون بصرفه دست یابند.

در قدم نهایی اعداد را در نمودار تیلمن قرار داده و طبق دستورالعمل مقادیر را محاسبه می نمائیم.

جدول شماره ۲ – نتایج حاصله از نمودار تیلمن

ردیف	نام	شرح	مقدار	واحد	توضیحات
۱	AC	کل گازکربنیک	۱۶۵.۶	میلیگرم بر لیتر	کل گاز کربنیک
۲	AD	گازکربنیک آزاد	۲۵.۶	میلیگرم بر لیتر	گاز کربنیک اضافی
۳	AF	گاز کربنیک حلال کربنات کلسیم	۸.۶	میلیگرم بر لیتر	گاز کربنیک رسوب گذار (انحلال کربنات کلسیم)
۴	DC	گاز کربنیک وابسته (مورد نیاز)	۱۴۰	میلیگرم بر لیتر	مورد نیاز جهت برقراری رابطه تعادلی

۸-۱- محاسبه گازکاربنیک خورنده و رسوب گذار در نمونه آب :

با توجه به جدول بالا ، توضیحات تکمیلی به شرح زیر است :

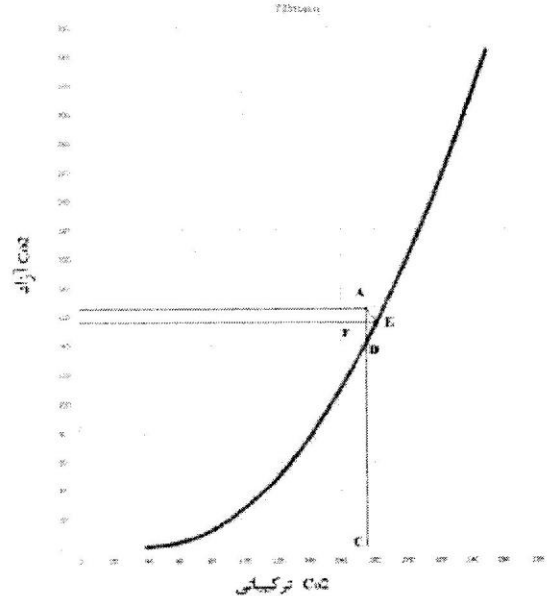
الف: در نمونه آب شهر فاروج جهت حفظ رابطه تعادلی تنها ۱۴۰ میلیگرم بر لیتر دی اکسید کربن نیاز است.

ب : مقدار ۲۵.۶ میلیگرم بر لیتر، دی اکسید کربن اضافی است.

ج : مقدار ۱۴۰ میلیگرم بر لیتر از گاز کربنیک موجود سبب انحلال کربنات کلسیم موجود در بتن می شود.

چ : مقدار ۱۵۸ میلیگرم بر لیتر از گاز کربنیک موجود، بصورت وابسته است.

ح: مقدار ۸.۶ میلیگرم بر لیتر از گاز کربنیک موجود، سبب بروز انسداد در شبکه ها و تولید گچ در دیگ های بخار و کتری ها میشود.

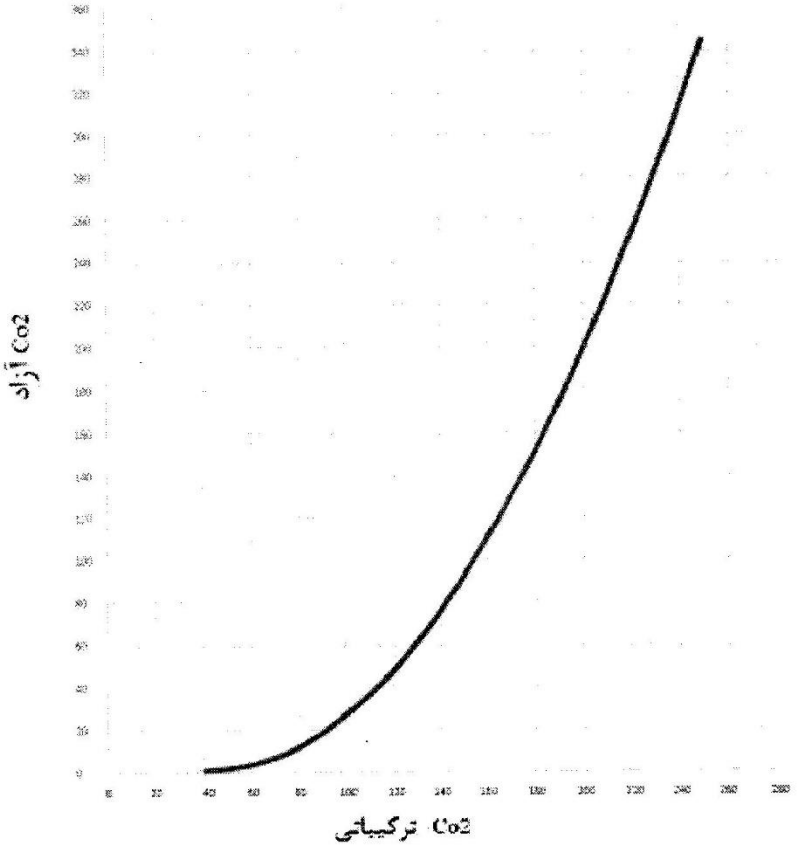


نمودار شماره ۳ – منحنی تعادلی گاز کربنیک در آب فاروج

۶-۲- افزایش دامنه نمودار تیلمن با روابط ریاضی :

برای حل مشکل دوم بوسیله روابط ریاضی معادله خط نمودار تیل من محاسبه شده و نمودار شماره یک به نمودار شماره دو تغییر یافت. رابطه ریاضی بدست آمده $Y = 0.008\ X^2 - 0.6964\ X + 16.357$ است که می توان در اعداد بزرگتر از آن استفاده کرد. در این معادله X نمایانگر Co2 موجود در ترکیبات کربناتی و Y نمایانگر Co2 آزاد است. نمودار نهایی تیل من بعد از افزایش بازه محاسبات به شکل زیر تغییر خواهد کرد.

نمودار شماره ۲ – منحنی تعادلی گاز کربنیک در آب (محاسبه شده بوسیله فرمولهای



۷-۱- تعیین پارامتر های مورد نیازآب :

گزارش آزمایشگاه در خصوص مقادیر بدست آمده برای نمونه آب یکی از منابع به شرح زیر است:

جدول شماره ۱ – پارامتر های آب مورد آزمایش

ردیف	پارامتر	واحد	مقدار	توضیحات
۱	دی اکسید کربن آزاد در نمونه آب	میلیگرم بر لیتر	۱۶۵.۶	
۲	دی اکسید کربن ترکیباتی در نمونه آب	میلیگرم بر لیتر	۱۷۷.۱	
۳	قلیائیت بی کربناتی	میلیگرم بر لیتر	۲۱۳.۸۴	
۴	قلیائیت کربناتی	میلیگرم بر لیتر	۳۱.۱۶	

در نقطه E منحنی را قطع کند. مقدار FC گاز کربنیک وابسته و مقدار AF آن مقدار از گازکربنیک وابسته ای است که سبب انحلال کربنات کلسیم می شود. [۳] اگر مقدار AF زیاد باشد میزان جرم گرفتگی داخل کتری ها و تاسیسات بیشتر خواهد بود[۳].

۶- محاسبات و شرح مطالعات:

برای تعیین میزان گازکربنیک بایستی از به منحنی تعادلی گازکربنیک استفاده نمائیم. محور عمودی این نمودار مربوط به Co2 آزاد و محور افقی آن مربوط به Co2 موجود در ترکیبات کربناتی است. دیاگرام تیلمن یکی از منحنی های بسیار خوبی می باشد که رابطه این دو ترکیب را نمایش می دهد. اما دو مشکل اساسی در محاسبات وجود دارد، اول اینکه هزینه انجام آزمایش Co2 کل بسیار بالا است و مشکل دوم بازه نمودار تیلمن از ۰ تا ۱۶۰ است و مقادیر بالاتر را تحت پوشش قرار نمی دهد.

۶-۱- تعیین میزان گازکربنیک آزاد:

برای اندازه گیری میزان گازکربنیک درآزمایشگاه از ۰.۵ سانتیمتر مکعب معرف فنل فتالئین و تیترانت ۱.۵ نرمال سود سوزآور استفاده می شود، تیتراسیون با نمایان شدن رنگ صورتی با دوام ۳۰ثانیه خاتمه می یابد.برای نمونه ۱۰۰ سانتیمتر مکعبی هر ۱ سی سی سود سوزآور معادل ۸.۸ میلیگرم برلیتر دی اکسید کربن آزاد می باشد. اما حالت تعادل این گاز در رابطه تعادلی ، تبه شدت تحت تاثیر دما است. بنحوی که با افزایش دما سبب خروج گاز از آب و رسوب مقداری کربنات کلسیم می شود. در هوادهی و کاهش فشار بمنظور گاززدایی نیز این اتفاق رخ میدهد. بنابراین جهت جلوگیری از خطرات وجود این گاز ، بایستی مقدار آن در آب مصرفی صفر باشد. برای بررسی صحت نتایج آزمایشگاهی یکسری فرمول به شرح زیر وجود دارد.برای محاسبه کل Co2 وجود در آب به پارامتر های قلیائیت کل و اسیدیته آب (PH) نیاز داریم. با داشتن این دو آیتم قلیائیت بی کربناتی، قلیائیت کربناتی و Co2 موجود در ترکیبات کربناتی بدست آمده و با محاسبه این آیتم ها میزان Co2 کل بدست می آید[۶].اگر A مقدار قلیائیت کل و B مقدار اسیدیته (PH) باشد آنگاه خواهیم داشت:

فرمول شماره ۱ – قلیائیت بی کربناتی

$$HCO_3^- \ as \ mg \ CaCO_3 \ /lit \ (C) = \frac{A - (5 * 10^{(B-10)})}{1 + (0.94^{(B-10)})}$$

فرمول شماره ۲ – قلیائیت کربناتی

$$CO_3^{-2} \ as \ mg \ CaCO_3 \ /lit \ (D) = 0.94 * C * 10^{(B-10)}$$

فرمول شماره ۳ – قلیائیت هیدروکسایدی

$$OH_3^- \ as \ mg \ CaCO_3 \ /lit = 5 * 10^{(2-10)}$$

فرمول شماره ۴ – دی اکسید کربن آزاد

$$CO_2 \ as \ mg \ CaCO_3 \ /lit \ (E) = 2 * A * 10^{(6-B)}$$

فرمول شماره ۵ – کل دی اکسید کربن

$$mg \ total \ CO_2 \ /lit = E + (0.44 * (2C + D))$$

شایان ذکر است فرمولهای فوق الذکر جهت کنترل صحت نتایج هستند و مقادیر مورد نیاز در آزمایشگاه قابل اندازه گیری می باشند.

با افزایش دمای آب و یا کاهش فشار آب، گازکربنیک از محیط خارج شده و رابطه تعادلی بر هم می خورد بنابراین کربنات کلسیم رسوب کرده و در زیر لوله ته نشین می شود. همانند اتفاقی که برای دیگ ها و کتریهای آب جوش با تشکیل لایه گچ رخ میدهد. تشکیل سنگهای تراورتن در چشمه ها به همین علت می باشد. بنابراین بایستی در آبهای شهری میزان گاز کربنیک آزاد به اندازه مورد نیاز باشد تا از رسوب گچ جلوگیری شود.

۴- مروری بر روشهای حذف گاز کربنیک :

گازهای مختلف زیادی می توانند در آب به صورت محلول وجود داشته باشند. هیدروژن سولفید، دی اکسید کربن ، اکسیژن، آمونیاک، کلرین و نیتروژن از جمله گازهایی هستند که بیشتر از بقیه گازها در آب وجود دارند. نوع و میزان گازهای محلول در آب به شرایط محیطی، منبع آب، مسیر عبور آب، دما، فشار و جنس گاز بستگی دارد. حلالیت گازها در آب را می توان طبق رابطه تعادلی هنری بیان کرد. حلالیت گازها در آب بطور مستقیم متناسب با فشار جزئی آن در اتمسفر در حال تماس با آب است. بنابراین با کاهش فشار جزئی گاز می توان غلظت آن را در آب کم کرد. حلالیت گاز با افزایش دمای حلال کاهش خواهد یافت و از نظر تئوری، در دمای اشباع تماس گازهای ترکیب نشده از آب خارج می شوند.[۵]
بطور کلی برای حذف ناخالصی های گازی آب دو شیوه عمده وجود دارد:

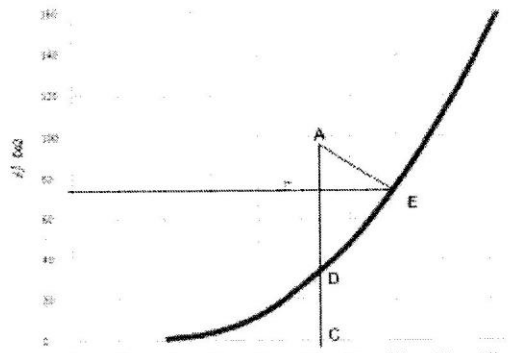
الف) روش های فیزیکی حذف گازها : حذف فیزیکی گازها براساس قانون هنری قابل توصیف است. بدین گونه که کاهش فشار جزئی گاز سبب کاهش غلظت گاز در آب می شود. برای این منظور می توان از روش های افزایش دمای آب،دمیدن گاز،گاززدایی تحت خلاء،گاز زدایی تحت فشار استفاده نمود. حذف گاز ها در این روش با هوادهی و دمیدن هوا، برج های گاززدا (Degasor) ، هوازدایی سرد (Cold Dearation) ، هوازدایی گرم (Hot Dearation) خواهد بود.

ب) روش های شیمیایی حذف گازها : در این روش بسته به اینکه حذف چه گازی مورد نظر است، ماده شیمیایی افزوده می شود و نیز در شرایط عملیاتی از قبیل PH و دما به دلیل موثر بودن حذف شیمیایی تفاوت خواهد کرد.

۵- نمودار تیلمن:

برای تعیین میزان دی اکسید کربن خورنده کافیست در منحنی تعادلی گازکربنیک، از محل برخورد مقادیر Co2 موجود در ترکیبات کربناتی و Co2 آزاد (نقطه A)، خطی عمود بر محور افقی رسم نمائیم. مقدار AD نمایانگر گاز کربنیک آزادی است که سبب افزایش خاصیت خورندگی میشود. مقدار DC گاز کربنیک وابسته است که این مقدار برای برقراری رابطه تعادلی نیاز است. گاز کربنیک وابسته با تاسیسات فلزی، بتن و سیمان واکنش نشان می دهد.بخشی از گاز کربنیک وابسته مستقیماً سبب انحلال کربنات کلسیم موجود در بتن میشود که برای بدست آوردن میزان آن خطی با زاویه ۴۵ درجه از نقطه A رسم شود تا

نمودار شماره ۱ –منحنی تعادلی گاز کربنیک در آب



۱- مقدمه

" أفَرایتُمُ الماءَ الّذی تَشرَبون "

آب مایه حیات و سیاره ما سیاره آبی است. آبی که در شبکه های آبرسانی بدست مشترکین میرسد، از منابع سطحی یا منابع زیر زمینی استحصال می شود که هر کدام ویژگی منحصر به فرد خود را دارند. آبهای سطحی نسبت به آب های زیر زمینی چون تصفیه می شوند مقادیر کمتری از سختی ، املاح ، گازها و مواد آلاینده را بهمراه خواهند داشت. برای نمونه آبهای زیر زمینی اغلب آهن و منگنز بالایی دارند. شبکه های آبرسانی بنا به شرایط محیطی از منابع و مخازن متعددی استفاده می کند، بنابراین مطالعه واکنش ها و ترکیبات شیمیایی موجود در هر منطقه شرایط متفاوتی خواهد داشت.

سیدسجاد حسینی نیا، و علیرضا عروجی به بررسی خوردگی ناشی از اکسیژن، دی اکسید کربن و سایر گازهای موجود در آب تغذیه بویلرها در چرخه های تولید بخار از هوازداها و حذف آنها بوسیله هوازدها پرداخته اند[۲]. حمید محمودی پور به آلودگی آب از نظر عمومی و چگونگی آلودگی آب از جنبه‌های مختلف پرداخته است. علی ترابیان و همکاران در زمینه بررسی اثر پیش‌ازن‌زنی بر روی حذف کربن کل آلی به‌وسیله نانوفیلتر همراه با پیش‌ازن‌زنی و در قسمتی دیگر بدون پیش‌ازن‌زنی پرداخته اند. نتایج بدست آمده نشان داد، نانوفیلتراسیون قادر به حذف مقادیر زیادی از مواد آلی بدون نیاز به پیش‌تصفیه است[۴].

این مقاله صدمات ناشی از کاهش یا افزایش گاز کربنیک را معرفی کرده و به تاثیر میزان گازکربنیک در شبکه های آبرسانی می پردازد. در ابتدا خواص شیمیایی آب به وسیله روابط محاسبه و به منظور دسترسی به نتایج مورد نظر از نمودار تیلمن استفاده کرده و نهایتاً عوامل تاثیرگذار را شناسایی خواهد کرد.

۲- دلایل بررسی گاز کربنیک در شبکه های آبرسانی :

گاز کربنیک مورد نیاز شبکه آبرسانی مقدار مشخصی است که مقادیر زیاد آن باعث خوردگی شبکه های فلزی و ایجاد ترکیبات سرب و روی در آب شده و یا باعث ایجاد رسوب در لوله ها و انسداد شیر آلات می گردد . این رسوبات سبب افت شدید فشار در شبکه هایی با اقطار پایین و منازل ، گرفتگی صافی های کنتور ، انسداد صافی ها و در نهایت نارضایتی مشترکین می گردد. قسمت اضافی گاز کربنیک آزاد باعث ایجاد رسوب کربنات کلسیم می گردد این همان گاز شیری رنگی است که اغلب مشترکین با گاز کلر اشتباه می گیرند.

۳- شرح مطالعه :

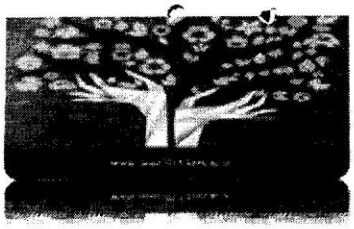
در تمامی شبکه های آبرسانی که از منابع آب های سطحی و زیر زمینی استفاده می کنند، این گاز وجود دارد. اما بسته به جنس زمین و باکتری های موجود در محدوده، میزان گاز کربنیک و کیفیت آن متفاوت است.

وجود گاز کربنیک در آبها به مقدار لازم نه تنها ضرری ندارد بلکه باعث برقرار شدن رابطه تعادلی می گردد اما با افزایش و کاهش این گاز تغییراتی ایجاد می شود که باعث بروز مشکلاتی در شبکه آبرسانی خواهد شد .

رابطه تعادلی

$$CaCO3 + CO2 + H2O = Ca(CO3\ H)2$$

افزایش گاز کربنیک باعث تشکیل اسید کربنیک شده و با تشکیل این ماده خاصیت خورندگی و درجه اسیدی آب افزایش میابد. هر چقدر آب خورنده تر باشد تخریب شبکه آبرسانی بخصوص شبکه هایی از جنس فلز سریعتر رخ می دهد. تر کیبات ایجاد شده در واکنش بین گاز کربنیک و تاسیسات آبرسانی سبب کاهش کیفیت آب، انسداد و تغییر شکل آب می شود. گاهاً این تغییر شکل آب موضوع اعتراضات مشترکین است. در واکنشهایی که آبهای خورنده با تاسیسات فلزی روی می دهد، ترکیبات روی و سرب موجود در لوله های گالوانیزه و شیرآلات برنجی آزاد شده و سلامت عمومی را به شدت با خطر مواجه می کند. این واکنشها در لوله های بتونی و سیمانی باعث آزاد شدن کربنات کلسیم موجود در بتن و افزایش مقادیر سختی آب می شود.



Third International Symposium on Environmental and Water Resources Engineering
2-3 June 2015, Tehran , Iran

(بررسی صدمات ناشی از وجود گاز کربنیک در شبکه آبرسانی)

مطالعه موردی: شبکه آبرسانی شهر فاروج

علی بهمن

۱- کارشناس فنی شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی borna_bahman1387@yahoo.com

چکیده

اکسیداسیون مواد آلی بوسیله باکتریها در آبها باعث تولید گاز کربنیک یا همان دی اکسید کربن می شود. دی اکسید کربن در آب بیشتر بصورت ترکیبات کربناتی ، گازی شکل و مقدار بسیار جزیی به شکل اسید کربنیک وجود دارد. در آبهای زیرزمینی مقدار این گاز بعلت واکنشهای شیمیایی در هسته زمین و گذر آب از بستر سنگهایی با جنس های مختلف بیشتر است. گاز دی اکسید کربن در اثر حل شدن در آب به آن خاصیت خورندگی می دهد، ضمن اینکه خورندگی را نیز تشدید می کند. وجود گاز کربنیک در آبها به مقدار لازم نه تنها ضرری ندارد بلکه باعث برقرار شدن رابطه تعادلی می گردد، اما افزایش و کاهش این گاز باعث بروز مشکلاتی در شبکه آبرسانی خواهد شد. کیفیت آب به جز موارد خاص در طولانی مدت بر روی شبکه آبرسانی تاثیر گذاشته و سبب بروز نارضایتی مشترکین مصرف کننده می گردد.

معمولاً قسمتی از تاسیسات آبرسانی از جنس فلز (فولاد، چدن و گالوانیزه) هستند. این قسمت بدلیل خاصیت خورندگی آب به مرور از داخل دچار فرسودگی می شوند . حال اگر این تاسیسات بدون عایق کاری در زمین دفن شوند، سرعت فرسودگی تاسیسات شدت خواهد یافت. علاوه بر موارد مذکور رسوبات ته نشین شده در لوله ها و تاسیسات آبرسانی دو مشکل عدیده را بوجود می آورند، اول اینکه سبب انسداد مسیر های جریان و کاهش عملکرد شیرآلات و دوم تشدید خوردگی به دلیل اختلاف میزان اکسیژن در محل رسوبات و تشکیل پیل اختلاف دمشی می شود.

این مقاله پس از محاسبه و تعیین میزان گاز کربنیک در شبکه آبرسانی، مقدار مناسب آنرا تعیین می نماید. مقادیر بالاتر و حتی پائینتر سبب بروز مشکلاتی خواهد شد که به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و شرایط موجود نقد می شوند.

واژه‌های کلیدی: مواد آلی ، دی اکسید کربن ، شبکه آبرسانی ، میزان گاز کربنیک ، آبهای زیرزمینی ، آبهای سطحی .

۸- قدردانی

در اینجا بر خود می دانیم از شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی جهت ارائه امکانات آزمایشگاهی ، تامین محیط تحقیقاتی و حمایت های مالی ایشان تشکر نمائیم .

مراجع :

[۱] محمودی پور حمید، ۱۳۸۸، آلاینده‌های آب و تأثیرات مواد شیمیایی معدنی و کانی‌ها بر بدن انسان، دومین کنفرانس سراسری آب، بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.

[۲] حسینی نیا، سیدسجاد و علیرضا عروجی، ۱۳۹۲، آشنایی با کارکرد هوازداهای آب های تغذیه بویلر و نکاتی پیرامون نحوه سایزینگ آنها، اولین کنفرانس علمی تجهیزات عملیاتی و فرآیندی، تهران، شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا.

[۳] م.ت.منزوی، آبرسانی شهری،۱۳۸۷، انتشارات دانشگاه تهران.

[۴] علی ترابیان ؛ غلامرضا نبی بیدهندی؛ علی‌اصغر قدیم‌خانی؛ حسین اعتمادی؛ مهری شکوهی، بررسی اثر پیش‌اکسیداسیون بر حذف کربن کل آلی از آب به وسیله نانوفیلتراسیون. زمستان ۱۳۸۷،مجله آب و محیط زیست مقاله ۳، دوره ۱۹، شماره ۴.

[۵] پرتال تخصصی مشهد بویلر، حذف ناخالصی های گازی از آب ،۱۳۹۳، www.mboiler.ir

[۶] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition.2012.