نهمین همایش مدیران
آب و فاضلاب شهرها و شهرستانهای کشور
۸ و ۹ آذر ماه سال ۱۳۹۶ – مرکز همایش های برج میلاد تهران

ارزیابی ریسک شبکه های جمع آوری فاضلاب به روش رمکپ و تمهیدات پدافند غیر عامل

(ارائه نمونه موردی: شبکه جمع آوری فاضلاب پهنه شمالی شهر مشهد)

زهرا مجیدی [۱*]، سید رضا عمرانی [۲]

[۱]کارشناس آب و فاضلاب، سرپرست پروژه مهندسین مشاور طوس آب
[۲]کارشناس بهداشت محیط، سرگروه فاضلاب و آبهای سطحی مهندسین مشاور طوس آب
[*] ۰۹۱۵۴۸۱۲۵۱۰ ، En.zmajidi@gmail.com

چکیده:

شبکه های جمع آوری فاضلاب شامل خطوط اصلی شبکه، خطوط انتقال، خطوط فرعی، آدم روها و انشعاب ها می باشد که جزو زیر ساخت های اساسی در هر شهری به شمار می رود. با بکارگیری مدیریت بحران در حوزه شبکه فاضلاب شهری میتوان آسیب پذیری آن را کاهش داد. از این رو باید با ارزیابی تهدیدات در شبکه های فاضلاب نقاط آسیب پذیر شناسایی شده و با شناخت این نقاط راهکارهایی به منظور جلوگیری از بروز آسیب و بحران در تاسیسات مذکور ارائه شود. در این تحقیق پس از شناسایی تهدیدات و تعیین میزان دارایی شبکه جمع آوری فاضلاب شهر مشهد شدت آسیب پذیری این دارایی ها با استفاده از روش ارزیابی ریسک رمکپ بررسی شد و در نهایت راهکارهای پدافند غیر عامل جهت جلوگیری از آسیب پذیری دارایی های شبکه جمع آوری فاضلاب شهر مشهد در زمان بحران ارائه گردیده است. از جمله نوآوری های صورت گرفته در این تحقیق ارزیابی ریسک دارایی های شبکه جمع آوری فاضلاب به روش RAMCAP است. از دیگر مواردی که در این تحقیق به آن بصورت خاص پرداخته شده که در تحقیقات پیشین مورد بررسی قرار نگرفته، بررسی کلیه تهدیدات شبکه فاضلاب بوده که می تواند دید مناسبی از میزان اهمیت هریک از این تهدیدات برای این سامانه بدهد.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، RAMCAP، شناسایی تهدیدات، پدافند غیر عامل، شبکه جمع آوری فاضلاب شهر مشهد.

۱- مقدمه:

در هر جنگ یا درگیری نظامی، ارتش مهاجم بر حسب هدف تعیین شده، توانمندیهای موجود و قدرت مقابله دفاعی طرف درگیری، سلاحهای مختلفی را مورد استفاده قرار می دهد. این تهاجمات می توانند برحسب محل هدف از طریق هوا، زمین و دریا صورت گیرند. تاسیسات آب و فاضلاب با توجه به نقش اساسی که در استمرار زندگی روزمره مردم دارند، می توانند از اهداف اولیه دشمن تلقی گردند.

شهر مشهد به علت موقعیت آن به عنوان مرکز استان خراسان رضوی و پایتخت مذهبی ایران و استقرار مراکز مدیریتی، فرماندهی تاسیسات و ابزارهای اقتصادی همواره یکی از نقاط محتمل تهدید و مورد توجه دول متخاصم می باشد. از این رو شبکه جمع آوری فاضلاب شهر مشهد از نقاط جمع آوری تا تصفیه خانه های فاضلاب در معرض تهدیدات عمدی و طبیعی قرار دارد.

از جمله تهدیدات عمدی در شبکه های جمع آوری فاضلاب که در گذشته موجب آسیب دیدگی شده است می توان به انفجار زیر زمینی شیکاگو در سال ۱۹۳۷ که باعث پرتاب درب منهول های فاضلاب شد و انفجار فاضلاب گودالاخارا مکزیک در سال ۱۹۹۲ که باعث شکافته شدن خیابان ها و کشته شدن ۲۵۲ نفر، زخمی شدن ۵۰۰ نفر و بی خانمان شدن بیش از ۱۵۰۰۰ نفر از مردم گردید اشاره نمود. (لعل عارفی، بیطرفان، هاشمی فشارکی، جنیدی، ۱۳۹۵)

از آن جا که آسیب به شبکه های فاضلاب بوسیله تهدیدات عمدی و طبیعی موجب بحران های شدید می شود، محافظت از این خطوط اهمیت ویژه ای دارد و لازم است تا مطالعات پدافند غیر عامل در این حوزه انجام شود و با بکارگیری تمهیدات آن موجب افزایش ایمنی در این تاسیسات گردد. بکارگیری تمهیدات پدافند غیرعامل به منظور کاهش آسیب پذیری زیر ساخت ها، ارتقای پایداری ملی، حفاظت از مردم و منابع ملی کشور و تضمین تداوم خدمات به آنان در راستای تکمیل چرخه دفاع غیر نظامی خواهد بود.

در این پژوهش سعی بر آن شد که کلیه تهدیدات عمدی و طبیعی مورد نظر در حوزه شبکه جمع آوری فاضلاب شناسایی گردد و ارزیابی ریسک تمامی دارایی های این سامانه از منظر پدافند غیر عامل انجام شود.

۲- روش تحقیق:

در این تحقیق برای ارزیابی ریسک شبکه جمع آوری فاضلاب شهری، ابتدا انواع تهدیدات و دارایی های این سامانه با استفاده از مراجع معتبر و مشاوره با متخصصین ذیربط شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت. سپس از طریق بکارگیری روش رمکپ که در ادامه توضیح داده خواهد شد میزان آسیب پذیری هریک از دارایی ها به دست آمده و در نهایت ریسک پذیر ترین دارایی مشخص شد و همچنین تهدیدات پایه این سامانه شناسایی گردید.

۲-۱- انواع تهدیدات عمدی و طبیعی شبکه های جمع آوری فاضلاب

أ. تهدید اول (حمله موشکی و هوایی دشمن):

تهدید اول می تواند حمله موشکی و هوایی دشمن به شهر و آسیب های ناشی از این حمله بر شبکه فاضلاب شهری باشد.

شبکه فاضلاب شهر مشهد به دلیل گستردگی زیاد (بالغ بر ۷۰۰۰ کیلومتر) ممکن است در حملات موشکی و هوائی دشمن دچار آسیب های جدی شود که می تواند در خطوط اصلی شبکه فاضلاب یا خطوط فرعی، خطوط انتقال و آدمروها رخ دهد. از جمله این آسیب ها شکستگی یا گرفتگی خطوط فاضلابرو می باشد که هر چه عمق لوله گذاری بیشتر و جنس مصالح بکار برده شده مقاومتر باشد آسیب کمتری به شبکه فاضلاب وارد میشود.

از جمله عواملی که باعث تشدید بحران ناشی از شبکه جمع آوری فاضلاب در شهر می شود یکی قطع ارتباط خطوط شبکه در زمان بحران و دیگری بالا آمدن و پس زدن فاضلاب در شعاع گسترده ای از انشعابات محل بحران می باشد که این موضوع می تواند زندگی مردم شهر را مختل نموده و پیامدهای زیست محیطی از جمله انتشار بیماری های وبا، حصبه، ... که باعث افزایش تلفات انسانی می گردد داشته باشد.

ب. تهدید دوم (حملات تروریستی):

تهدید دوم حملات تروریستی است که این حالت تا حدودی شبیه تهدید اول بوده، با این تفاوت که میزان و نوع خسارت به طور دقیق قابل محاسبه نمی باشد. از جمله چنین تهدیدهایی می توان به ایجاد خرابکاری عمدی در تاسیسات جمع آوری یا پمپاژ فاضلاب خواه از طریق ایجاد آسیب های فیزیکی (انفجار و یا تخریب تاسیسات مکانیکی) اشاره نمود.

استان خراسان رضوی به دلیل موقعیت آن بعنوان یکی از استان های مرزی کشور و همچنین قرار گیری بارگاه ملکوتی امام رضا (ع) در شهر مشهد همواره یکی از گزینه های محتمل حملات تروریستی بوده است. به طور مثال می توان به بمب گذاری حرم مطهر امام رضا (ع) در ۳۰ خرداد ۱۳۷۳ مقارن با روز عاشورا اشاره نمود.

ت. تهدید سوم (سیلاب):

سیلاب به دو شکل می تواند در شهر اتفاق بیافتد. یک نوع آن زمانی است که مقدار آب ناشی از بارش سنگین از ظرفیت کانال ها تجاوز کرده و سبب جاری شدن آبهای سطحی داخل شهر شود. نوع دوم سیلاب ناشی از موج های طوفانی آب دریاست. در شهر مشهد رودخانه دائمی (به جز کانال های خشک فصلی) و دریا وجود نداشته پس فقط در حالت اول سیلاب می تواند رخ دهد. با جاری شدن سیلاب در سطح شهر، خطوط اصلی، فرعی، انشعابات و لوله های انتقال پر گردیده و سبب بالازدگی فاضلاب در خانه ها می گردد.

ث. تهدید چهارم (زلزله):

زلزله به طور مستقیم می تواند سبب شکستگی خطوط فاضلابرو و نشت فاضلاب به محیط اطراف و انتشار آلودگی شده و یا به طور غیر مستقیم سبب بروز بحران گردد. مثلا در صورتی که زلزله باعث آسیب رساندن به لوله های گاز شود احتمال بروز حادثه انفجار در شبکه جمع آوری فاضلاب افزایش می یابد.

با توجه به ماهیت این حادثه سه پیامد ممکن است رخ دهد. این خسارت به صورت شکستن لوله و در نتیجه آن نفوذ فاضلاب به خاک های اطراف گردیده و باعث شستن آنها می شود که خود منجر به خالی شدن زیر جاده ها و خانه ها می گردد و در نتیجه شکاف و فرورفتگی در آنها ایجاد می شود. یا به صورت گرفتگی لوله ها باشد که این خود منجر به جمع شدن

گازهای متصاعد فاضلاب و انفجار در شبکه و بیرون زدن آن در خانه ها می گردد و پیامد سوم آن هم آلودگی چاه ها و منابع آب و رواج بیماری های مختلف عفونی و ویروسی در شهر می باشد.

۲-۲- ارزیابی ریسک شبکه فاضلاب شهرمشهد با استفاده از روش رمکپ[۱]

توصیف و ارزیابی تهدید و ریسک خطر در زیر ساخت های ملی، چارچوبی برای تحلیل و مدیریت خطرات مرتبط با حمله علیه زیر ساخت های حیاتی می باشد. ارزیابی تهدیدات باعث تشخیص نقاط آسیب پذیر برای ارائه راهکارهای پدافند غیرعامل خواهد بود. با توجه به اهداف در حوزه پدافند غیرعامل، کاملا روشن است که ارزیابی تهدید و خطر در فرآیند انجام مطالعات پدافند غیرعامل نقش بسزا و تعیین کننده ای را در هدایت طرح به سمت اهداف از پیش تعیین شده در راستای کاهش آسیب پذیری زیر ساخت های ملی در کشور دارد.

رمکپ بر مبنای تحلیل ریسک و محافظت و مدیریت دارایی ها در زمان بحران می باشد. مزیت این روش نسبت به دیگر روش های ارزیابی ریسک این است که این دستورالعمل روشی مختص برای ارزیابی ریسک بخش آب و فاضلاب بوده و برای این سامانه طراحی شده است. در صورتی که معیارها و الگوهای استفاده شده در دیگر دستورالعمل ها یا به صورت عمومی بوده و یا مختص یک بخش خاص غیر از سامانه های آب و فاضلاب بوده است.

در این تحقیق هم با الگوبرداری از این روش و بومی سازی آن، ارزیابی ریسک کلیه دارایی های شبکه فاضلاب مشهد صورت گرفته است.

$$R=C*V*T$$

R : ریسک (احتمال خطر)

C : ارزش دارایی

V : ارزش آسیب پذیری

T : ارزش تهدید

۳- نتایج:

در این بخش از تحقیق از مدل فرآیند ارزیابی ریسک با الگوبرداری از روش رمکپ در شبکه فاضلاب مشهد استفاده شده است و نتایج به صورت محاسبه ارزش دارایی، برآورد تهدید، برآورد آسیب پذیری و محاسبه عدد ریسک ارائه گردیده است.

[۱] Risk Analysis and Management for Critical Protection (RAMCAP)

شکل ۱. مدل فرآیند ارزیابی ریسک با الگوبرداری از روش رمکپ

Risk=f (Threat, Vulnerability, Cones queens)	
(۱) Asset Character relation	What assets do I have and which are critical?
(۲) Threat Character rization	What threats should I consider?
(۳) Consequence Analysis	What happens to my assets if attacked? How much money is lost how many lives, how many injuries?
(۴) Vulnerability Analysis	What are my vulnerabilities that would allow a threat to be successful?
(۵) Threat Assessment	What is the like lihood that a specific theat will strike my asset(s)?
(۶) Risk Assessment	What is my total risk? (Risk=Consequence x Vulnerability x Threat)
(۷) Risk Management	What Options do I have to reduce riske& increase resilience? How much will each benefit in reduced risks and increased resilience? How much will it cost? What is the benefit/cost ratio of my option(s)?

۳-۱- گام اول: ارزیابی دارائی های شبکه فاضلاب مشهد

شبکه فاضلاب مشهد دارای بخش های مختلفی می باشد که باید فضاها و امکانات مهم مشخص و امتیازدهی شوند.

ساختار شبکه فاضلاب:

خطوط اصلی.

خطوط انتقال.

خطوط فرعی.

انشعاب ها.

آدم روها.

هر یک از دارائی های شبکه فاضلاب باید ارزش گذاری شود. برای به دست آوردن عدد نهائی ارزش یک دارائی در شبکه فاضلاب ازمجموع بررسی سه مولفه ارزش عملکردی دارایی، ارزش مالی دارایی و اثرات زیست محیطی هر یک از دارایی ها در اثر تخریب دارایی بر مردم بدست می آید.

جدول ارزش دارایی

مجموع امتیاز سه مولفه قبل محاسبه شده و با استفاده از جدول (۱) ارزش نهائی برای هر دارایی مشخص می شود. در این جدول برای دارایی که مجموع امتیازی بین ۲۶ تا ۳۰ باشد دارای ارزش نهایی بالایی با عدد امتیازی ۱۰ خواهد بود.

جدول۱. امتیازدهی و کمی سازی

بازه امتیاز	ارزش	علامت
۱-۵	۱	A
۶-۱۰	۳	B
۱۱-۱۵	۶	C
۱۶-۲۰	۸	D
۲۱-۲۵	۹	E
۲۶-۳۰	۱۰	F

جدول۲. محاسبه ارزش دارائی های شبکه جمع آوری فاضلاب مشهد

	عملکردی و زیرساخت	سرمایه	پیامدهای زیست محیطی	مجموع سه مولفه	رنج	ارزش نهائی
خطوط اصلی شبکه	۱۰	۰/۰۲	۱۰	۲۰/۰۲	E	۹
خطوط انتقال	۱۰	۰/۰۳	۱۰	۲۰/۰۳	E	۹
خطوط فرعی	۶	۰/۰۱	۸	۱۴/۰۱	C	۶
آدم روها	۸	۰/۰۱	۸	۱۶/۰۱	D	۸
انشعاب ها	۲	۰	۰	۲	A	۱

۳-۲- گام دوم: شناسایی تهدیدات شبکه جمع آوری فاضلاب

برای بدست آوردن میزان تاثیرگذاری تهدیداتی که از سوی دشمن صورت می گیرد باید به سه مولفه میزان جذابیت هدف برای دشمن، میزان کارائی هر تهدید در برابر هدف مورد نظر و هزینه استفاده از تهدید مورد نظر برای دشمن برای هر یک از دارائی ها توجه کرد و امتیازی که به این تهدیدات در مقابل دارائی مورد نظر به آن تعلق می گیرد از میانگین امتیاز این سه مولفه خواهد بود.

برآورد تهدیدات و مخاطرات

برای بدست آوردن امتیاز نهایی تهدید برای دارایی های شبکه فاضلاب مشهد از جدول (۳) استفاده می شود و بعد از امتیاز دهی به هریک از تهدیدات در برابر هریک از دارایی ها امتیاز کل از مجموع امتیاز های هریک از تهدیدات بدست می آید. بعنوان مثال اگر دارایی دارای امتیاز کل بین ۱ تا ۱۵ باشد طبق جدول (۳) دارای ارزش نهایی ۱ خواهد بود.

جدول۳. امتیازدهی و کمی سازی

بازه امتیاز	ارزش	علامت
۱-۱۵	۱	A
۱۶-۳۰	۳	B
۳۱-۴۵	۶	C
۴۶-۶۰	۸	D
۶۱-۷۵	۹	E
۷۶-۹۰	۱۰	F

جدول۴. برآورد تهدیدات عمدی و طبیعی شبکه جمع آوری فاضلاب مشهد

	حملات هوائی و موشکی	حملات تروریستی	سیلاب	زلزله	امتیاز کل	محدوده	ارزش
خطوط اصلی شبکه	۸	۶	۹	۸	۲۱	C	۶
خطوط انتقال	۷	۵	۸	۸	۲۸	B	۳
خطوط فرعی	۴	۳	۴	۳	۱۴	A	۱
آدم روها	۶	۵	۶	۳	۲۰	B	۳
انشعاب ها	۱	۱	۲	۳	۶	A	۱

۳-۳- گام سوم: ارزیابی شدت آسیب پذیری

در این گام پتانسیل آسیب پذیری دارایی های بحرانی در برابر تهدیدات شناسائی شده محاسبه می شود. در صورت وقوع هر یک از تهدیدهای معرفی شده در بخش های قبل در ساختار شبکه فاضلاب، ممکن است به بعضی از واحدها به نسبت دیگر واحدها آسیب بیشتری وارد شود. در کل در شبکه فاضلاب در زمینه پیش بینی میزان و امتیاز آسیب دیدگی، سه مولفه مهم را در نظر می گیریم که عبارتند از:

اول اینکه ممکن است با آسیب بر یک دارائی مهم تاثیر گذار در شبکه فاضلاب مانند خط انتقال و از کار افتادن آن دارایی، کل سیستم از کار بیفتد و نتواند بر مهمترین وظیفه خود یعنی انتقال فاضلاب عمل کند.

دوم پیامدهای زیست محیطی که در اثر تخریب آن دارایی در اثر جاری شدن فاضلاب در معابر شهر رخ دهد.

سوم بحث هزینه های اقتصادی جهت ترمیم آن، بعنوان مثال اگر واحدی دچار تخریب شود برای ترمیم آن ممکن است ماه ها زمان لازم باشد و بار اقتصادی عظیمی به سیستم وارد کند.

در این بخش با فرض بر اینکه تهدید مورد نظر بر دارائی های شبکه فاضلاب اثر کرده و باید میزان تخریب و اثرگذاری آن بر دارایی امتیازدهی شوند.

برآورد آسیب پذیری

امتیازدهی در این بخش براساس میزان خسارت احتمالی وارده بر یک دارایی در اثر وقوع تهدید انجام می شود. ممکن است یک دارایی در شبکه در اثر وقوع تهدید دچار تخریب کلی شود که در این صورت امتیاز بالا خواهد گرفت و اگر میزان تخریب کم و تلفات ناچیز باشد امتیاز پائین می گیرد.

جدول۵. امتیازدهی و کمی سازی

بازه امتیاز	ارزش	علامت
۱-۱۵	۱	A
۱۶-۳۰	۳	B
۳۱-۴۵	۶	C
۴۶-۶۰	۸	D
۶۱-۷۵	۹	E
۷۶-۹۰	۱۰	F

جدول۶. برآورد شدت آسیب پذیری

ردیف	دارائی/تهدیدات	حملات هوائی و موشکی	حملات تروریستی	سیلاب	زلزله	امتیاز کل	محدوده	ارزش آسیب
۱	خطوط اصلی شبکه	۱۰	۹	۹	۱۰	۳۸	C	۶
۲	خطوط انتقال	۹	۸	۷	۸	۳۲	C	۶
۳	خطوط فرعی شبکه	۵	۵	۵	۵	۲۰	B	۳
۴	آدم روها	۸	۶	۸	۶	۲۸	B	۳
۵	انشعاب ها	۳	۲	۳	۳	۱۱	A	۱

۳-۴- گام چهارم: محاسبه عدد ریسک هر یک از دارائی ها

در جدول (۸) عدد و درجه ریسک نهایی برای هر یک از دارائی های شبکه فاضلاب آورده شده است. برای بدست آوردن محدوده شدت ریسک از جدول (۷) استفاده شده است.

همانطور که ملاحظه می شود دارای خطوط اصلی شبکه در بین دیگر دارایی ها دارای بالاترین عدد ریسک می باشد.

جدول۷. حالات مختلف شدت ریسک

عدد ریسک	شدت ریسک
<۱۵۰	Low
۱۵۱-۶۰۰	Medium
۶۰۰ <	High

جدول۸. عدد ریسک دارایی های شبکه فاضلاب

ردیف	دارائی	ارزش دارائی	ارزش تهدیدات	ارزش آسیب پذیری	عدد ریسک	شدت ریسک
۱	خطوط اصلی شبکه	۹	۶	۶	۳۲۴	Medium Risk
۲	خطوط انتقال	۹	۳	۶	۱۶۲	Medium Risk
۳	خطوط فرعی شبکه	۶	۱	۳	۱۸	LowRisk
۴	آدم روها	۸	۳	۳	۷۲	LowRisk
۵	انشعاب ها	۱	۱	۱	۱	LowRisk

۳-۵- گام پنجم: تعیین دارایی های آسیب پذیر

در تحقیق حاضر برای شبکه فاضلاب مشهد ارزیابی ریسک با استفاده از روش رمکپ انجام شد و شدت ریسک دو واحد از دارایی ها در محدوده شدت ریسک متوسط قرار گرفت و عدد بالائی نسبت به دیگر دارایی ها بدست آمده است که این نشان دهنده اهمیت این دارایی می باشد. با توجه به اهمیت شبکه جمع آوری فاضلاب و تاثیرگذاری مهم آن بر جامعه در زمان بحران، باید قبل از وقوع بحران راهکارهایی برای کاهش شدت ریسک آن ارائه داد که این مسئله بطور کامل در بخش بعدی ارائه شده است. از جمله نتایج دیگر بدست آمده در این بخش، تعیین تهدیدات پایه شبکه جمع آوری فاضلاب می باشد که به ترتیب حملات هوایی و موشکی، سیلاب، زلزله و در نهایت حملات تروریستی می باشند که می تواند بر شبکه جمع آوری فاضلاب تاثیرگذار باشد.

۴- تمهیدات پدافند غیر عامل جهت کاهش شدت ریسک دارایی های شبکه جمع آوری فاضلاب مشهد:

پس از ارزیابی ریسک باید برای دارایی با شدت متوسط تا بالا راهکارهای پدافند غیرعامل را بکار برد تا شدت ریسک دارایی مورد نظر کاهش پیدا کند و از شدت ریسک بالا به متوسط و یا پایین برسد.

۴-۱- راهکار اول: استفاده از سیستم ویدئومتری

مشکل سازترین آلاینده بوزای منتشره در فاضلابروها و تصفیه خانه های فاضلاب، گاز سولفید هیدروژن است که با بوی مشخص تخم مرغ گندیده همراه است. این گاز بی نهایت سمی بوده و هر سال کارگران شبکه جمع آوری فاضلاب در دنیا به دلیل مواجهه با سطوح مختلفی از این گاز، صدمه دیده یا جان خود را از دست می دهند. گاز سولفید هیدروژن باعث خوردگی در خطوط فاضلابرو از جنس بتنی می شود. با توجه به این که بخش قابل توجهی از خطوط فاضلابرو مشهد از جنس بتنی می باشند با انجام عملیات ویدئومتری محل های خوردگی لوله های فاضلابرو و به طبع آن نقاط تولید سولفید هیدروژن قابل شناسایی می باشد. بدین ترتیب از ایجاد انفجار در این مکان ها با بکارگیری تمهیدات ویژه می توان جلوگیری کرد.

از عملیات ویدئومتری جهت شناسایی عیوبی نظیر شیب نامناسب، وجود ترک، شکاف و شکستگی، اتصالات معیوب، دو پهن شدگی، جا ماندن مصالح و انحراف بی مورد مسیر به چپ و راست در شبکه های جدید الاجرا نیز استفاده می شود.

۴-۲- راهکار دوم: استفاده از سیستم بای پس

هنگامی که شبکه فاضلاب شامل خطوط اصلی، خطوط فرعی، آدم روها، انشعابات و لوله های انتقال به هر دلیلی ناشی از جاری شدن سیلاب در سطح شهر یا گرفتگی پر شود، سبب بالازدگی فاضلاب در خانه ها می گردد. به منظور رهایی از این مشکل در طرح شبکه فاضلاب شهر مشهد در نظر گرفتن طراحی خط بای پس انجام شد تا به محض رسیدن مقدار فاضلاب به حدی از ماکزیمم مقدار آن در لوله، از طریق لوله های بای پس به خطوط فاضلابرو مجاور و یا در صورت امکان به کانال های خشک فصلی واریز گردد.

۴-۳- راهکار سوم: استفاده از چاه های فاضلاب بعنوان بای پس (اصلاحی راهکار دوم)

با توجه به اینکه در شرایط بحران نیاز به یک خروجی اضطراری در شبکه فاضلاب احساس می گردد و در نظر داشتن این مسئله که در کشور ایران استفاده از سیستم بای پس به قنات ها و رودخانه ها از نظر محیط زیست ممنوع می باشد، می توان خروجی لوله های بای پس را به چاه های فاضلاب که از قبل در شهر مورد استفاده قرار می گرفت هدایت کرد.

۴-۴- راهکار چهارم: استفاده از دستگاه ایجاد جریان گردابی در آدم روهای ریزشی

افزایش غلظت گازهایی مانند H_2S در فاضلاب به صورت بی هوازی می تواند یک خطر بالقوه باشد که ممکن است با کوچکترین جرقه ای منجر به انفجارهای خطرناکی گردد. یکی دیگر از راه های کنترل این گازها استفاده از جریان گردابی در آدم روها می باشد.

در آدم روهای ریزشی، جریان فاضلاب با ریزش باعث آزاد شدن گازهای سولفید هیدروژن H_2S و سایر گازهای بدبو و قابل اشتعال مانند CH_4 و CO_2 می گردد. انتشار و تجمع گاز H_2S باعث انجام واکنش های شیمیایی، انفجار و خوردگی سریع و گسترده در آدم روها و لوله های فاضلابی و تاسیسات مکانیکی می گردد.

انرژی جنبشی قابل توجه ناشی از ریزش فاضلاب هم به صورت خوردگی سایشی به دیواره های آدم رو آسیب می رساند.

این دستگاه به صورت پیش ساخته و ساده در آدم روهای ریزشی موجود و یا جدید نصب می شود. این سیستم که از مواد نسبتا" ارزان قیمت (پلی اتیلن، P.V.C و ...) ساخته می شود، سریع نصب شده و یک آدم روی ریزشی معمولی را به یک سازه هوادهی و مستهلک کننده انرژی تبدیل می نماید. در این سیستم با ایجاد یک خلاء ملایم علاوه بر جلوگیری از پخش گازهای بدبو و قابل اشتعال با مکش هوا به داخل موجب اختلاط شدید هوا و فاضلاب شده و سولفید هیدروژن را اکسید می نماید.

این سیستم همچنین با حذف تماس مستقیم جریان با دیواره های سازه مشکل خوردگی سایشی را حل می نماید. (طاهریون، مسعود، ۱۳۸۲)

۴-۵- راهکار پنجم: استفاده مجدد از گاز تولیدی شبکه فاضلاب

وقتی سرعت فاضلاب در لوله ها کم باشد (حدود ۰.۵ متر بر ثانیه)، ممکن است مواد معلق رسوب کنند. تغییر و تبدیلات شیمیایی و بیو شیمیایی در فاضلاب می تواند به ویژه در مناطق با درجه حرارت بالا، مهم و قابل ملاحظه باشد. لذا احتمال تولید سولفید هیدروژن در فاضلابروهای با شیب کم و عمق زیاد به صورت بی هوازی زیاد بوده و می تواند یک خطر بالقوه باشد که ممکن است منجر به انفجارهای خطرناکی گردد.

در واقع هدف اصلی از استفاده مجدد گازهای تولیدی در محیط خطوط فاضلابرو خصوصا گاز متان، کاهش غلظت گازهای موجود در شبکه جمع آوری فاضلاب و در نتیجه کاستن خطرات ناشی از آن می باشد. یکی از روش های استفاده مجدد از گاز متان سوزاندن آن از طریق لامپ های روشنایی است. این لامپ ها باید در مکان هایی نصب گردند که احتمال تجمع گازهای فاضلاب در آن نقاط بیشتر بوده و با اجرای تمهیدات و تاسیسات خاص امکان ذخیره و استفاده مجدد از این گازها از طریق سوزاندن فراهم باشد. بدیهی است انتخاب محل مناسب به منظور نصب تجهیزات جمع آوری و سوزاندن گاز و ارزیابی صرفه اقتصادی ناشی از تولید انرژی به این روش باید بر اساس مطالعات دقیق و تخصصی فنی – اقتصادی انتخاب گردد.

در مطالعه موردی طرح شبکه فاضلاب مشهد (مناطق پراکنده)، منطقه ایوان طرق به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت. در این منطقه بدلیل وجود حداقل شیب طبیعی زمین و تبعیت از حداقل شیب استاندارد در طراحی خطوط فاضلابرو (براساس مبانی مصوب طرح) به ناچار عمق فاضلابروها و همچنین آدم روها به بیش از ۸ متر می رسد، لذا با توجه به فرمول ارائه شده در بند ۶-۱-۱[۲] نشریه مبانی و ضوابط طراحی شبکه های فاضلاب و جمع آوری آبهای سطحی در این خطوط احتمال تشکیل گاز سولفید هیدروژن با غلظت بالا قطعی است و با انجام آزمایشات کیفی فاضلاب پس از بهره بره داری خط می توان میزان دقیق تشکیل گازهای سولفید هیدروژن و متان را محاسبه نمود. استفاده از این گازها برای روشنایی یکی از گزینه های پیشنهادی است که مستلزم انجام مطالعات و محاسبات دقیق تر پس از بهره برداری خواهد بود.

$$Z = \frac{P}{b} * \frac{۳۰BOD^{۰.۷۲}}{Q^{۰.۵۶}}$$

مراجع

- طاهریون، مسعود، (۱۳۸۲)، کنترل بو و خوردگی درآدم‌روهای ریزشی فاضلاب با بهره‌گیری از دستگاه ایجاد جریان گردابی، مجله آب و فاضلاب، شماره ۴۷، پاییز ۱۳۸۲.
- فرهودی، میثم، (۱۳۸۸)، نقش پدافند غیرعامل در کاهش آسیب به تأسیسات آب و فاضلاب، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت ها، آبان ۱۳۸۸.
- میسمی، حسین، (۱۳۸۸)، مبانی مهندسی و روشهای اجرایی سازه ای پدافند غیر عامل شریان حیاتی وزارت نیرو، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت ها، آبان ۱۳۸۸.
- لعل عارفی، بیطرفان، هاشمی فشارکی، جنیدی، (۱۳۹۵)، طرح فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، عمارت پارس با همکاری موسسه انتشاراتی جهان جام جم.
- گلمهر، احسان، ارزیابی آسیب پذیری تاسیسات شهری با رویکردپدافند غیر عامل.
- موحدی نیا، جعفر، (۱۳۸۸)، اصول و مبانی پدافند غیر عامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات سازمان پدافند غیر عامل.
- Jerry Brashear, Myron Olstein, Dave Binning and Jake Stenzler Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection for the Water and Wastewater Sector.
- Jalees Asghar, Using Sewer age System to Generate Electricity, Department of Public works City of Los Angeles, October ۲۰۰٦, Sewer Odor Control.