

Technical Note

یادداشت فنی

**How to Supply Drinking Water by
Implementing Dual Plans in Small Communities
(Case Study: Kowsar Complex, Ferdows)**

**نحوه تأمین آب شرب با اجرای طرح‌های دوگانه در
اجتماعات کوچک (مطالعه موردی: مجتمع کوثر، فردوس)**

Yaser Jamshidi Moghadam^{1*}, Hajar Nowroozi² and
Navid Abdollahi³

یاسر جمشیدی مقدم^{۱*}، هاجر نوروزی^۲ و نوید عبدالمهی^۳

1- M.Sc. in Environmental Health Engineering, Quality Control Expert, Ferdows Rural Water and Wastewater, South Khorasan Province, Iran.

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، کارشناس کنترل کیفیت، آب و فاضلاب روستایی فردوس، خراسان جنوبی، ایران.

2- M.Sc. in Environmental Health Engineering, South Khorasan Province, Iran.

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، خراسان جنوبی، ایران.

3- M.Sc. in Water and Wastewater Engineering, Manager of Ferdows Rural Water and Wastewater Company, South Khorasan Province, Iran.

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران آب و فاضلاب، مدیر شرکت آب و فاضلاب روستایی فردوس، خراسان جنوبی، ایران.

* Corresponding author, Email: yaser.jm1366@yahoo.com

* نویسنده مسئول، ایمیل: yaser.jm1366@yahoo.com

Received: 12/01/2019

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

Revised: 11/01/2020

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱

Accepted: 03/02/2020

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴

Abstract

چکیده

With increasing population, reducing the per capita amount of water resources and increasing the physical, chemical and microbial contamination of water, water crisis is one of the major global problems. The purpose of this study is to examine the use of dual system for rural communities in Ferdows city. The study options include the installation of desalination water with a separate network, the establishment of fixed tanks in the villages and water supply by mobile tankers, alley-to-alley traffic, and the use of mobile tankers or routine methods, the transfer of drinking water through the creation of a dual network in the village And the construction of water harvesting platforms, supply of drinking water by the construction of an industrial sweetener plant and the connection to the village distribution network and Use Freshwater Cards Sales Economically and risky, the study was prioritized. According to the results, the cost of supplying drinking water by Use Freshwater Cards Sales per cubic meter is 8000 Rial, but with a mean risk of 20.33, it has the highest risk among the options. The transfer of drinking water through the creation of a dual network in the village economically, at a cost of 15000 Rial, is the second economic priority, with a mean risk of 6.5% with the lowest risk which can be considered as a priority for integrated water supply, given its economic status. Due to regional climate change and frequent droughts, creating a dual network is the most effective way to deal with problems.

با افزایش جمعیت، کاهش سرانه ذخیره منابع آبی و افزایش آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، بحران آب به‌عنوان یکی از معضلات بزرگ جهانی مطرح شده است. هدف از این تحقیق بررسی استفاده از سیستم دوگانه برای مجامع روستایی شهرستان فردوس است. گزینه‌های مورد مطالعه شامل نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن با شبکه مجزا، استقرار تانکرهای ثابت در سطح روستاها و آبرسانی توسط تانکر سیار، پیمایش کوچه به کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی، انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب، تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا و استفاده از دستگاه‌های فروش کارتی آب شیرین از نظر اقتصادی و ریسک انجام آن، مطالعه و اولویت‌بندی شد. طبق نتایج به‌دست آمده هزینه تأمین آب شرب به‌وسیله فروش آب و راه‌اندازی دستگاه کارتی به‌ازای هر مترمکعب ۸۰۰۰ ریال است. اما با ریسک متوسط ۲۰/۳۳ دارای بالاترین ریسک در بین گزینه‌ها است. انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب از لحاظ اقتصادی با هزینه ۱۵۰۰۰ ریال دومین اولویت اقتصادی است که با میانگین ریسک ۶/۵۲ درصد دارای کمترین مقدار ریسک است که می‌تواند به‌عنوان اولویت تأمین آب مجتمع قرار گیرد. با توجه به تغییر اقلیم منطقه و خشکسالی‌های مکرر، ایجاد شبکه دوگانه کارآمدترین گزینه مقابله با مشکلات مربوطه است.

Keywords: Drinking water, Dual network, Small gatherings.

واژه‌های کلیدی: شبکه دوگانه، آب شرب، اجتماعات کوچک.

مختلف مدیریت آب متفاوت است (قندهاری و همکاران، ۱۳۹۶). به طوری که ۴۵ میلیون نفر در ۲۹ کشور جهان از کمبود آب رنج می‌برند و بیشترین نگرانی‌های مرتبط با آب در مناطق خشک و نیمه خشک بوده و بیش از ۸۰ درصد بیماری‌ها در سطح دنیا را بیماری‌هایی با منشأ آب تشکیل می‌دهد (Raygan et al., 2012).

با توجه به این که پایداری سیستم‌های منابع آب، تابع عوامل مختلف اقتصادی-محیط‌زیستی-اجتماعی است؛ بنابراین در ارزیابی گزینه‌های تامین آب، بررسی اثرات متقابل پارامترهای مختلف از عوامل فوق و ریسک‌های ناشی از آن‌ها، لازم و ضروری است. بسیاری از پارامترها و ارتباط بین آن‌ها در سیستم‌های مدیریت آب به علت خطا در داده‌برداری، ناکافی بودن اطلاعات، پیچیدگی سیستم‌های آبی و غیره همراه با عدم قطعیت بالا و ریسک فراوان است (Maqsood et al., 2005; McIntyre et al., 2003). نتایج اکبرپور و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد استفاده از سیستم‌های دوگانه در درازمدت برای تامین آب روستاهای مجتمع از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

به طور کلی می‌توان گفت شهرستان‌های استان خراسان جنوبی از جمله شهرستان فردوس هم از این امر مستثنی نبوده و جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌روند. به دلیل موقعیت قرارگیری استان در حاشیه شرقی کویر لوت و شرایط نامساعد آب و هوایی، فاصله بین ایستگاه‌های منطقه زیاد و تعداد آن نیز کم است. با این وجود از آن‌جا که خشک‌سالی یک پدیده منطقه‌ای است، برای بررسی ویژگی‌های آب و هوایی آن از سایر ایستگاه‌های هم‌جوار نیز استفاده شده است. میانگین بارش در خراسان جنوبی طی دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۱۴) حدود ۱۵۵ میلی‌متر است (جهانگیر و سازانی‌راد، ۱۳۹۸). در واقع متوسط بارندگی آن کمتر از نصف متوسط کشوری است. از طرف دیگر به دلیل خشک‌سالی‌های ۱۸ سال گذشته و برداشت بیش از حد از منابع آبی برای کشاورزی و با توجه به عدم کیفیت منابع آبی در مناطق روستایی، وضع تأمین آب شرب نگران کننده است. در همین راستا برای تأمین رضایت مشترکین و صرفه‌جویی در مصرف آب با کیفیت مطلوب، اقدام به دوشبکه‌ای نمودن برخی روستاها و تأمین مجزای آب برای مصارف شرب و بهداشت شده است.

نتایج تحقیق دانشجو و همکاران (۱۳۹۱) بر روی کاربرد سیستم‌های آبرسانی دوگانه در شهر مشهد نشان داد هنگامی که نرخ بهره سالیانه کاهش داشته باشد، با توجه به اختلاف قیمت‌ها در تصفیه آب، به‌کارگیری سیستم توزیع دوگانه به‌علت کاهش هزینه‌های اولیه، صرفه‌جویی دارد. نتایج تحقیق شکوهی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی زیرساخت‌های تامین آب پایدار نشان داد سیستم توزیع دوگانه آب با کیفیت بالا و آب با کیفیت پایین

امروزه با افزایش جمعیت، کاهش سرانه ذخیره منابع آبی و افزایش آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، بحران آب به‌عنوان یکی از معضلات بزرگ جهانی مطرح شده است (Raygan et al., 2012). پس از یخچال‌ها، منابع آب زیرزمینی دومین منبع آب شیرین موجود در جهان است. در نقاطی که آب‌های سطحی مانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها وجود نداشته و یا غیرقابل استفاده باشند نیازهای آبی توسط منابع آب زیرزمینی برطرف می‌شود (مردان و اله، ۱۳۹۷). به استثنای مواردی محدود، ملت‌ها و کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا هم اکنون به محدودیت‌های منابع آبی و محیط‌زیستی خود رسیده و یا نزدیک شده‌اند. برخی از اقدامات صورت‌گرفته مثل قیمت‌گذاری بالاتر برای آب کارآمدی را افزایش داده است. با این وجود عوامل دیگری چون تغییرات آب و هوایی، درگیری‌های مستمر، جمعیت زیاد، مصرف‌گرایی و تغییرات شدید آب و هوایی مشکلات این مناطق را پیچیده‌تر ساخته است. نبود تکنولوژی مناسب و مدیریت کارآمد و مناسب برای منابع محدود آب، آبیاری گسترده و غیر اصولی از جمله مشکلات دیگر منطقه است. خاورمیانه و شمال آفریقا ۵ درصد جمعیت جهان را دارد، اما تنها صاحب یک درصد آب شیرین جهان است (Brooks, 2007).

برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی موجب شده که میزان تغذیه آبخوان جوابگوی نیاز نبوده و سطح آب زیرزمینی افت نماید. کاهش سطح آب در سفره‌های آب شیرین باعث تغییر جهت آب از سمت سفره‌های آب شور و کاهش کیفیت این سفره‌ها شده است (Zhu et al., 2004). به طور کلی برداشت بی‌رویه از منابع آب شیرین بالاخص در مناطق کویری و گرم و خشک، نفوذ آب‌های شور به آبخوان‌های شیرین را در پی داشته است. به طوری که طبق بررسی انجام شده میزان کل جامدات محلول بعضی از منابع آبی شهرستان فردوس از جمله چاه اصلی مجتمع باغستان از زمان حفر و بهره‌برداری طی مدت یک دهه از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به مقدار فعلی (تقریباً ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) رسیده است. ضمن این که عمق اکثر چاه‌ها تا حدود ۳۰۰ متر کفشکنی شده است. در برخی از نقاط روستاها گزارشات و مشاهداتی مبنی بر برداشت آب توسط روستاییان از منابع آبی کشاورزی یا حوض‌انبارهای خودگردان وجود شد که غالب آن‌ها اگرچه مطلوبیت بیشتری داشتند اما از نظر کمی و مالکیت و ملزومات و پارامترهای بهداشتی دارای شرایط مناسبی نبودند.

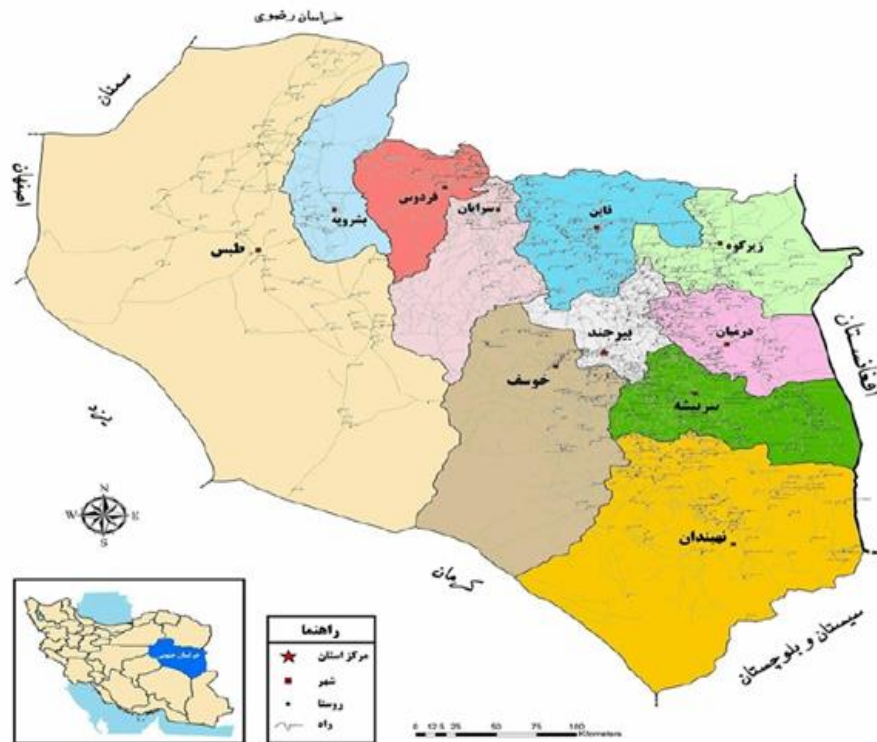
در مدیریت سیستم‌های منابع آب، دیدگاه‌ها و نگرش‌های متفاوت افراد و در نتیجه عدم قطعیت‌های رفتاری افراد مختلف، تصمیم‌گیری را پیچیده کرده؛ چرا که افراد مختلف دارای منافع و خواسته‌های متعدد بوده و از دیدگاه ایشان اهمیت موضوعات

تقاضا)،

- استفاده از دو منبع تأمین آب در روستاها در مواقع بروز بحران به‌ویژه در استان مرزی خراسان جنوبی (مدیریت ریسک).

۲- مواد و روش‌ها

شهرستان فردوس به مرکزیت شهر فردوس، در شمال استان خراسان جنوبی و بین ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. از شمال به استان خراسان رضوی (شهرستان‌های بردسکن و گناباد)، از جنوب به شهرستان طبس و شهرستان سرایان، از غرب به شهرستان بشرویه و از شرق به شهرستان سرایان و گناباد محدود می‌شود. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۲۹۳ متر است (محمدی و شیخی‌زاده، ۱۳۹۵). در شکل ۱ موقعیت شهرستان فردوس مشخص شده است.



شکل ۱- نمایی از موقعیت شهرستان فردوس در استان خراسان جنوبی

شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب، تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا و استفاده از دستگاه‌های فروش کاردی آب شیرین مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با توجه به این‌که طبق اعلام مرکز پژوهش‌های مجلس، توجیه اقتصادی لازم و مسائل اجتماعی یکی از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های لازم برای تفکیک شبکه آب شرب با غیرشرب است، گزینه‌های مختلف از نظر اقتصادی و ریسک انجام آن مطالعه و اولویت بندی شد (عبدالمنافی و مظاهری، ۱۳۹۲).

در برخی از شهرهای سبز و پایدار، اجرا شده و نتایج خوبی را به‌همراه داشته‌است (Shokouhian and Derakhshan, 2014). طبق نتایج تحقیق (Van Briesen 2014) بر روی زیرساخت‌های تأمین آب پایدار، این سیستم موجب کاهش هزینه‌ها شده است. چراکه گاهی آب آشامیدنی با کیفیت بالا، برای برخی مقاصد خاص نیاز نیست و بدین ترتیب در هزینه‌های تصفیه صرفه‌جویی می‌شود (Van Briesen et al., 2014). هدف از این تحقیق بررسی استفاده از سیستم دوگانه برای مجامع روستایی شهرستان فردوس است. اهداف کلی طرح عبارت است از:

- حفاظت از منابع آبی شیرین و باکیفیت شهرستان؛
- اهمیت سلامت و رفاه روستائیان و ارتقای شاخص رضایت‌مندی (مدیریت عرضه)؛
- جلوگیری از هدررفت آب با کیفیت بالا در شبکه‌های فرسوده (مدیریت تلفات)؛
- فرهنگ‌سازی و آموزش مشترکین در استفاده بهینه از منابع موجود و پرهیز از اسراف و توهم فراوان‌پنداری آب (مدیریت

در این تحقیق ابتدا خصوصیات منطقه مورد مطالعه بررسی شد. سپس گزینه‌های مختلف تأمین آب در روستاهایی که کل جامدات محلول آن طبق استاندارد ۱۰۵۳ بالاتر از حداکثر مطلوب بوده و موجب نارضایتی مشترکین شده است مطرح شد. در ادامه، مزایا و معایب، موانع و مشکلات و تجارب حاصله از گزینه‌های انجام‌شده در روستاهای مورد مطالعه شامل نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن‌های نیمه‌صنعتی با شبکه مجزا، استقرار تانکرهای ثابت در سطح روستاها و آبرسانی توسط تانکر سیار، پیمایش کوچه‌به‌کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی، انتقال آب

برای ارزیابی ریسک از روش جعبه سیاه (Black box methodology) استفاده شد. در این روش، تحلیل توسط شخص با تجربه و مجرب انجام می‌شود. وی براساس تجربه خود و آشنایی با پروژه، ریسک آن را تخمین می‌زند؛ بنابراین تخمین ریسک متکی بر تجربه کارشناسی است (Tanaka et al., 2000). به‌منظور تعیین ریسک از معادلات (۱) و (۲) استفاده شد.

$$R = H * E * V \quad (1)$$

$$H = \text{احتمال} * \text{شدت} \quad (2)$$

که R : ریسک، E : در معرض بودن و V : آسیب پذیری هستند ابتدا مخاطرات گزینه‌های موردنظر شناسایی شد. سپس شدت اثر، احتمال وقوع و وزن هر یک از مخاطرات با نظر ۸ نفر از کارشناس‌های بخش‌های کنترل کیفیت، بهره‌برداری، اجرایی، مشترکین و مدیریت امور آب‌فردوس تعیین و سپس میانگین سطح ریسک هر یک از گزینه‌ها محاسبه شد. در این مطالعه، مقدار فاکتورهای آسیب‌پذیری و در معرض بودن برای تعدیل اثر شدت و احتمال وقوع ناشی از هر مخاطره طبق نظرات کارشناسان در نظر گرفته شد؛ زیرا خبرگان براساس یادگیری جمعی خود از جلسات بارش افکار به‌صورت ذهنی به‌میزانی که در معرض قرارگیری و آسیب‌پذیری هر گزینه ناشی از مخاطرات باشند، آگاهی نسبی می‌یابند (Pipattanapiwong, 2004). با این حال و به‌دلیل اعمال دقیق‌تر دو فاکتور مذکور، از ضریب وزنی استفاده شده است (قندهاری و همکاران، ۱۳۹۶).

هدایت الکتریکی و املاح بالا بوده که معمولاً برای شرب مناسب نیستند. بنابراین برای رفع این مشکل اقدام به آبرسانی شرب به روستاها به‌صورت مجزا از شبکه‌های آب برای مصارف بهداشتی و غیره شد. این شهرستان با ۶۵۰۰ مشترک روستایی دارای حدود ۳۰۰ کیلومتر شبکه توزیع و خط انتقال، شامل ۵ مجتمع روستایی و ۲۹ روستای تحت پوشش است که در ۳ مجتمع و ۱۷ روستا به‌علت کیفیت شیمیایی بسیار پایین منابع تأمین آب آن‌ها، از روش‌های مختلف فوق برای تأمین آب شرب اهالی استفاده شده است. مجتمع شماره ۱ شامل ۵ روستا، مجتمع شماره ۲ شامل ۳ روستا و مجتمع شماره ۳ شامل ۴ روستا هستند که در هر مجتمع از دو منبع آبی (چاه) برای تأمین آب بهداشتی روستاها استفاده می‌شود. ۵ روستای باقیمانده به‌صورت تک روستایی هستند. جمعیت و خانوار مجتمع و روستاهای مورد مطالعه طبق جدول ۱ است.

جدول ۱- جمعیت و خانوار مجتمع‌ها و روستاهای مورد مطالعه

ردیف	نام مجتمع-روستا	خانوار	جمعیت
۱	مجتمع برون	۵۴۱	۱۳۷۷
۲	مجتمع باغستان	۹۷۰	۳۱۶۴
۳	مجتمع کوثر	۵۲۳	۱۷۷۹
۴	روستای آبدکی	۱۱	۴۹
۵	روستای مهران کوشک	۱۱۰	۲۶۵
۶	روستای چاهنو	۵۹	۲۱۷
۷	روستای کجه	۹۶	۳۱۶
۸	روستای پولوند	۷	۲۱

کیفیت منابع آبی مجتمع‌ها و روستاهای مورد مطالعه به‌شرح جدول ۲ است.

۳- مطالعه موردی

شهرستان فردوس جزء شهرهای کویری و دارای منابع آبی با

جدول ۲- کیفیت منابع آب مجتمع‌ها و روستاهای مورد مطالعه

موقعیت چاه	کل مواد جامد محلول (μ mhos/cm)	سختی کل ($Mg/l \text{ caco}^3$)	میزان سدیم (Mg/l)	میزان کلرور (Mg/l)
مجتمع برون چاه ۱	۱۰۵۷	۵۵	۳۷۵	۲۴۵
مجتمع برون چاه ۲	۱۴۰۳	۴۱۳	۳۳۸	۲۳۰
مجتمع باغستان چاه ۱	۱۲۱۶	۵۶۹	۲۴۰	۴۵۵
مجتمع باغستان چاه ۲	۲۰۵۲	۹۳۷	۴۱۷	۸۱۱
مجتمع کوثر چاه اصلی	۲۱۸۹	۴۷۰	۶۲۹	۸۹۰
مجتمع کوثر چاه رزرو	۵۰۲۳	۷۵۵	۱۵۰۰	۱۶۰۰
آبدکی	۲۶۵۱	۱۷۱	۸۵۸	۶۱۲
چاهنو	۷۴۲۵	۱۱۱۲	۲۲۶۵	۲۹۶۳
مهرانکوشک	۳۵۱۹	۸۱۶	۹۵۵	۱۳۸۰
کجه و پولوند	۶۸۵۳	۱۲۸۱	۱۹۹۱	۲۵۴۱
میانگین	۳۳۳۹	۶۵۸	۹۵۷	۱۱۷۳

نظر به این که تأمین آب شرب روستایی در روستاهای شهرستان فردوس با روش‌های متنوعی انجام شده، مزایا و معایب و مشکلات و موانع هر روش با توجه به تجارب به دست آمده، بررسی می‌شود.

۳-۱- مزایا و معایب، موانع و مشکلات و تجارب حاصله از اقدامات انجام شده

۳-۱-۱- تأمین آب شرب به وسیله نصب و راه اندازی آب شیرین کن نیمه صنعتی در مناطق روستایی با شبکه مجزا

در این روش بخشی از آب چاه‌های مجتمع کوثر به وسیله آب شیرین کن‌های نیمه صنعتی RO تصفیه و به وسیله شبکه مجزا در روستا توزیع می‌شود. ظرفیت آب شیرین کن‌های نیمه صنعتی ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ لیتر بر شبانه روز است و برای مواردی که نیاز آب شرب کم باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف- مزایا:

- تأمین آب شرب با کیفیت شیمیایی در حد مطلوب و قابل کنترل؛
- مناسب برای مناطق روستایی به دلیل ظرفیت پایین تولید آب و داشتن توجیه اقتصادی از این منظر؛
- امکان پراکندگی بیشتر در سطح روستا و کوتاه شدن مسیر دسترسی به آب به ویژه توسط سالمندان؛
- صرف هزینه اولیه پایین به دلیل هزینه پایین خرید دستگاه نیمه صنعتی؛
- امکان قرارگیری در محیط‌های عمومی مانند مساجد و مدارس و ... در فضای کم.

ب- معایب:

- راهبری و بهره برداری، نگهداری و تعمیرات دستگاه نیاز به نیروی آگاه و متخصص در زمینه آب شیرین کن‌ها دارد؛
- تحمیل هزینه‌های گزاف برای نظارت و تعمیرات دستگاه به دلیل پراکندگی و مسافت روستاها و مسیرهای خاکی که باعث عدم رغبت در نگهداری از دستگاه‌ها می‌شود؛
- عدم پرداخت آب بها به دلیل نبودن نیروی لازم که در روستاهای دوردست و کم جمعیت توجیهی برای به کارگیری نیروی خاص این امر وجود ندارد؛
- جنس مخازن ذخیره آب دستگاه‌های آب شیرین کن نیمه صنعتی از جنس پلی اتیلن بوده و باعث نفوذ نور و ایجاد جلبک در مخزن ذخیره آب دستگاه می‌شود؛
- تولید فاضلاب آب شیرین کن‌ها در محل برداشت آب و از محل

تصفیه خود آب شیرین کن نیاز به تدابیر محیط‌زیستی و صرف هزینه و وقت دارد؛

- مشکلات مربوط به محل نصب دستگاه در روستا از حیث دسترسی روستائیان به محل برداشت آب و نگهداری و حراست آن از نظر بهداشتی و امنیتی.

۳-۱-۲- تعبیه تانکر ثابت گالوانیزه در محل‌های مختلف روستا و تأمین آب به وسیله تانکر سیار

در این روش تانکرهای ثابت مخصوص آب شرب در روستا مستقر و از شهر فردوس توسط تانکر سیار آگیری می‌شوند.

الف- مزایا:

- مناسب برای مناطق روستایی به دلیل وزن و حجم کم با قابلیت جابجایی و داشتن توجیه اقتصادی از این منظر؛
- صرف هزینه اولیه پایین؛
- امکان قرارگیری در محل‌های پر رفت و آمد، اماکن عمومی و ...

ب- معایب:

- میزان مصرف آب و در نهایت تعداد دفعات آبرسانی به روستا توسط تانکر غیرقابل پیش‌بینی و معمولاً توسط مشترکین اعلام یا رانندگان تانکر سیار بر حسب تجربه اقدام به حمل آب می‌کنند که برخی موارد این امر باعث اتلاف وقت و هزینه‌ها می‌شود؛
- کلر باقی مانده در فاصله زمانی آبرسانی مجدد به دلیل زمان ماند طولانی و یا آفتاب و گرما از بین می‌رود و امکان مخاطرات بهداشتی از نظر آلودگی ثانویه در ظروف برداشت آب افزایش می‌یابد؛
- زمان ماند طولانی آب در تانکر که در محیط باز در معرض سرما یا آفتاب و گرما قرار گرفته، مشکلاتی در خصوص مطلوبیت و گوارایی آب به وجود می‌آورد؛
- قرارگرفتن تانکرهای آب شرب در معابر، مخاطراتی از نظر امنیتی، زنگ زدگی و فرسایش به دلیل بارندگی و شرایط محیطی دارد؛
- برداشت رایگان آب علی‌رغم تحمیل هزینه به شرکت.

۳-۱-۳- پیمایش کوچه به کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی

در این روش تانکرهای سیار مخصوص آب شرب دارای شیر برداشت به صورت دوره‌ای و منظم در روستا مستقر می‌شوند و روستائیان نسبت به برداشت و ذخیره آب مورد نیاز خود تا نوبت بعدی آبرسانی اقدام می‌نمایند.

الف - مزایا:

بهداشتی و شیمیایی آب آشامیدنی به دلیل داشتن تأسیسات منسجم؛
- در اختیار داشتن آب با کیفیت شیمیایی مطلوب برای مصارف بهداشتی و آشامیدن در منازل برای مشترکین؛
- دسترسی آسان در تمام نقاط برداشت روستا؛
- فروش آب طبق تعرفه از استفاده کنندگان.

ب - معایب:

- هزینه اولیه خرید، راه اندازی، نگهداری و بهره برداری قابل توجه است؛
- به دلیل حجم بالای آب مورد تصفیه، نیاز به سرویس مستمر و دوره‌ای دستگاه وجود دارد؛
- نداشتن نیروی متخصص در زمینه آب شیرین کن‌ها به خصوص انواع صنعتی و در نهایت تأخیر در سرویس و تعمیرات دستگاه که این امر نیز باعث تحمیل هزینه‌های بیشتر و نارضایتی مردم می‌شود؛
- هدررفت پساب دستگاه اسمز معکوس قابل توجه بوده و نیاز به محل تخلیه دارد.

۳-۱-۶- تأمین آب شرب به وسیله فروش آب و راه اندازی

دستگاه کارتی

در این روش در هر روستا یک شبکه آب شرب از منبع آب شهر فردوس و یک شبکه بهداشتی از چاه‌های مجتمع کوثر طراحی می‌شود، با این تفاوت که آب شرب به وسیله دستگاه کارتی به فروش می‌رسد.

الف - مزایا:

- کنترل و نظارت دقیق بر کیفیت و مطلوبیت آب؛
- فروش آب طبق تعرفه از استفاده کنندگان؛
- به لحاظ قرارگیری در مکان امن، نگهداری و مراقبت از دستگاه بهتر انجام می‌شود.

ب - معایب:

- هزینه خرید دستگاه بالا است؛
- تعمیرات دستگاه نیاز به نیروی متخصص دارد.
- تعرفه پایین آب‌بها و عدم تطابق هزینه و درآمد؛
- قرارگیری در محیط بسته و قابل کنترل و اخذ انشعاب برق و ...
- هزینه‌های اولیه را زیاد می‌کند؛
- تهیه و شارژ مکرر کارت‌های اعتباری و نحوه استفاده از آن مشکلاتی را برای سالمندان، بیسوادان و سایرین ایجاد می‌کند؛
- امکان استفاده برای رهگذران غیربومی بدون کارت میسر نیست.
طبق جدول ۳ گزینه‌ها از نظر اقتصادی براساس هزینه تمام

- به دلیل تحت کنترل بودن تانکر سیار امکان کلرزنی و گندزدایی مستمر وجود دارد؛
- به دلیل حجم کم آب و برداشت زیاد، زمان ماند آب در تانکر کمتر بوده و میزان گوارایی آب بالاتر است؛
- صرف هزینه اولیه و ثانویه پایین تر (عدم نیاز به سرمایه‌گذاری بالای اولیه برای راه‌اندازی و هزینه نگهداری پایین).

ب - معایب:

- اتلاف وقت و انرژی و نیروی انسانی؛
- دسترسی کمتر روستاییان به آب آشامیدنی به لحاظ عدم هماهنگی زمان‌های آبرسانی.

۳-۱-۴- انتقال آب شرب به وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکویهای برداشت آب

در این روش در هر روستا یک شبکه آب شرب از منبع آب شهر فردوس و یک شبکه بهداشتی از چاه‌های مجتمع کوثر طراحی می‌شود.

الف - مزایا:

- امکان کنترل بیشتر و دقیق‌تر از نظر بهره‌برداری و کنترل کیفیت بهداشتی و شیمیایی آب آشامیدنی به دلیل داشتن تأسیسات منسجم.

ب - معایب:

- هزینه اولیه بسیار بالا؛
- هزینه بهره‌برداری بالا به دلیل وجود تأسیسات، به خصوص در مناطقی که تأسیسات آب شیرین کن صنعتی وجود دارد. هم‌چنین به علت محدودیت معابر، برخی از لوله‌ها به همراه شبکه غیرشرب در یک کانال قرار گرفته که در مواقع رفع اتفاق محدودیت‌هایی به همراه دارد؛
- برداشت رایگان آب از سکوها به دلیل نداشتن متولی خاص در روستا و نبود راه کار قانونی لازم برای اخذ هزینه آب‌بها.

۳-۱-۵- تأمین آب شرب به وسیله احداث تأسیسات

آب شیرین کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا

در این روش کل آب چاه‌های مجتمع کوثر به وسیله آب شیرین کن‌های صنعتی RO تصفیه و وارد شبکه توزیع روستا می‌شود.

الف - مزایا:

- امکان کنترل بیشتر و دقیق‌تر از نظر بهره‌برداری و از نظر کیفیت

آب شیرین کن، هزینه آبرسانی سیار و... توسط تیم کارشناسی محاسبه و با توجه به آب تولیدی مقایسه شد. لازم به ذکر است قیمت تمام شده مربوط به زمان انجام تحقیق است.

شده هر مترمکعب آب مقایسه شده است. ابتدا هزینه طراحی، اجرا و نگهداری هریک از پروژه‌ها با توجه به طول خط انتقال، شبکه توزیع، خرید آب از آب و فاضلاب شهری، نوع دستگاه

جدول ۳- مقایسه گزینه‌ها از نظر اقتصادی (هزینه تمام شده هر مترمکعب آب)

ردیف	شرح	هزینه یک مترمکعب آب (ریال)
۱	تأمین آب شرب به وسیله نصب و راه اندازی آب شیرین کن نیمه صنعتی در مناطق روستایی با شبکه مجزا	۱۶۵۰۰
۲	تعبیه تانکر ثابت گالوانیزه در محل‌های مختلف روستا و تأمین آب به وسیله تانکر سیار	۱۵۵۰۰
۳	پیمایش کوچه به کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی	۱۶۰۰۰
۴	انتقال آب شرب به وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب	۱۵۰۰۰
۵	تأمین آب شرب به وسیله احداث تأسیسات آب شیرین کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا	۱۸۵۰۰
۶	تأمین آب شرب به وسیله فروش آب و راه اندازی دستگاه کاردی	۸۰۰۰

مخاطرات شناسایی شده گزینه‌ها براساس نظر کارشناسان به شرح جدول ۴ است.

جدول ۴- مخاطرات

شماره گزینه	نوع مخاطره	توضیحات
H ₁	بروز مشکلات اجتماعی در انجام پروژه	عدم پذیرش مشترکین
H ₂	هزینه‌های اجتماعی برای جلب رضایت مبدا و مقصد	
H ₃	امکان بروز مشکلات فنی	خرابی، زلزله، سیل و...
H ₄	تاثیر رقابت‌های سیاسی بر انتخاب گزینه	
H ₅	احتمال آلودگی و اثرات محیط‌زیستی	مشکلات پساب ایجاد شده
H ₆	احتمال افزایش حبابه	گران شدن آب دریافتی
H ₇	کاهش تأمین آب به دلیل توسعه بالادست	افزایش جمعیت حوزه آبریز
H ₈	احتمال عدم تأمین مالی	
H ₉	احتمال بروز مخالفت‌های محیط‌زیستی	مناطق حفاظت شده
H ₁₀	احتمال خرابکاری در تأسیسات	امکان خرابکاری و پدافند غیرعامل
H ₁₁	احتمال ایجاد تغییرات اقلیمی	پیشروی سفره‌های آب شور، کاهش کیفیت منابع
H ₁₂	احتمال ایجاد مشکلات بهداشتی	استفاده روستاییان از منابع غیر بهداشتی

با فاصله امکان ۹۹٪ برای احتمال و شدت هر مخاطره حد بالا و پایین ریسک به دست آمد.

مطابق جدول ۵، با توجه به معادلات (۱) و (۲) و جدول ۴، ریسک متوسط، حد بالا و حد پایین ریسک برای تمام گزینه‌ها محاسبه شده است. ابتدا میانگین وزنی هر گزینه محاسبه و سپس

جدول ۵- مقایسه گزینه‌ها از نظر امکان ریسک (درصد)

ردیف	شرح	ریسک متوسط	انحراف معیار	حد بالای ریسک	حد پایین ریسک
۱	تأمین آب شرب به وسیله نصب و راه اندازی آب شیرین کن نیمه صنعتی در مناطق روستایی با شبکه مجزا	۱۲/۲۵	۷/۲۳	۱۴/۵۲	۰
۲	تعبیه تانکر ثابت گالوانیزه در محل‌های مختلف روستا و تأمین آب به وسیله تانکر سیار	۱۳/۶۸	۸/۵	۲۱/۵	۰
۳	پیمایش کوچه به کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی	۱۷/۳۲	۱۲/۵	۳۱/۲	۰
۴	انتقال آب شرب به وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب	۶/۵۲	۳/۳۵	۸/۵۶	۰
۵	تأمین آب شرب به وسیله احداث تأسیسات آب شیرین کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا	۱۲/۹۵	۷/۲۶	۲۰/۰۳	۰
۶	تأمین آب شرب به وسیله فروش آب و راه اندازی دستگاه کاردی	۲۰/۳۳	۱/۲	۳۵/۴۵	۰

عجولانه در مورد روش‌های مختلف تأمین آب شرب در مناطق روستایی، یک الگوی واحد را در نظر گرفت. برای موقعیت‌های مختلف از نظر جغرافیایی، فرهنگی و اجتماعی و با در نظر گرفتن تجارب و به‌کار بردن خلاقیت در این امر باید روش‌های متناسب برای هر موقعیت به‌کار گرفته شود. در مناطق روستایی به‌دلیل پراکندگی روستاها و مسیرهای طولانی و جمعیت‌های پایین، تأمین آب شرب به‌روش‌های نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن‌های نیمه‌صنعتی با شبکه مجزا، استقرار تانکرهای ثابت در سطح روستاها و آبرسانی توسط تانکر سیار، پیمایش کوچه‌به‌کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی، انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوهاى برداشت آب، تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا و استفاده از دستگاه‌های فروش کارتی آب شیرین، علاوه بر این که از نظر اقتصادی اصلاً با هزینه‌ها هم‌خوانی ندارد، کنترل آب از نظر کلر باقی‌مانده و بهداشت آب سخت و دشوار است. بنابراین باید برای تأمین آب شرب راه‌کارهای نوین و پیشرفته در قالب طرح‌های ابتکاری در دستور کار قرار گیرد.

با توجه به کاهش شدید بارندگی و بروز خشک‌سالی‌ها و از طرفی برداشت بی‌رویه از ذخایر آب زیرزمینی، صرفه‌جویی در مصرف آب، امری بسیار قابل‌تأمل و حائز اهمیت است. لذا با وجود اقدامات تبلیغی و فرهنگی به‌خصوص در مقاطع سنی پایین و نقش‌آفرینی زنان، با تعدیل آب‌به‌های مشترکین علاوه بر تأکید بر ارزش آب و در نهایت صرفه‌جویی افراد جامعه، قسمتی از هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی که برای تأمین رفاه مردم متحمل می‌شوند جبران می‌شود.

۵- مراجع

اکبریور، ا.، عزیزی، م.، و زوار، س.ح.، (۱۳۸۸)، "بررسی استفاده از سیستم‌های دوگانه آب در مجامع روستایی"، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد اصلاح الگوی مصرف، تهران، ایران.

جهانگیر، م.، و سارانی‌راد، م.، (۱۳۹۸)، "بررسی وضعیت خشک‌سالی در استان خراسان جنوبی توسط شاخص درصد بارش نرمال (PNPI) و شاخص روش استانداردسازی (Z)"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۱، ۴۵-۵۹.

دانشجو، د.، جعفرزاده، م.، و علامتیان، ا.، (۱۳۹۱)، "کاربرد سیستم‌های آبرسانی دوگانه در شهر مشهد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

عبدالمنافی، ن.، و مظاهری، م.، (۱۳۹۲)، "گزارش شبکه‌های

در این مطالعه نحوه تأمین آب شرب در روستاهای شهرستان فردوس که دارای منابع آبی با کیفیت مناسب شرب نیستند مورد بررسی قرار گرفت و مشکلات و مزایای روش‌های به‌کار گرفته‌شده بیان شد. طبق نتایج به‌دست آمده، تأمین آب شرب به‌وسیله فروش آب و راه‌اندازی دستگاه کارتی اقتصادی‌ترین گزینه مورد بررسی بود ولی دارای بالاترین مقدار ریسک در بین گزینه‌ها است. علت آن می‌تواند استفاده روستاییان از سایر منابع غیربهداشتی موجود در روستا از جمله قنات‌ها و چشمه‌ها به‌علت رایگان بودن باشد. انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوهاى برداشت آب دارای کمترین مقدار ریسک بود که با توجه به اقتصادی بودن می‌تواند به‌عنوان اولویت تأمین آب مجتمع قرار گیرد.

قندهاری و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی ارزیابی ریسک گزینه‌های تأمین آب مشهد و تعیین اولویت آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از دامنه امکان ریسک برای اولویت‌بندی گزینه‌ها (اتخاذ تصمیمات مدیریتی) می‌تواند بسیار مفید واقع شود. فعالیت‌هایی که در زمینه ایجاد شبکه دوگانه و تفکیک آب‌ها از نظر مصارف شرب و بهداشت صورت‌گرفته، پیامدهایی داشته است که علاوه بر رضایت مشترکین روستایی و افزایش همگانی سطح دسترسی به آب شرب بهداشتی، باعث مدیریت منابع آب در دسترس چه قابل‌شرب و چه غیرقابل‌شرب شده است.

نتایج این تحقیق نشان داد ایجاد شبکه دوگانه تأمین آب دارای نقاط ضعف و قوت عمده‌ای است. رعایت استانداردهای آب شرب برای مصارف شرب الزامی است ولی آب بهداشتی می‌تواند با کیفیت پایین‌تری نسبت به آب شرب ارائه شود. اگرچه آب غیرشرب بهداشتی منازل مسکونی باید حداقل مقادیر کیفی استانداردهای آب شرب را رعایت نماید. از آن‌جا که مصارف شرب تنها بخش کوچکی از مصارف خانگی را شامل می‌شوند و از طرفی منابع آب با کیفیت منطقه محدود است، می‌توان با یک برنامه‌ریزی بلندمدت، استفاده از منابع آب با کیفیت منطقه را محدود به مصارف شرب کرده و برای مصارف بهداشتی از منابع آبی که از کیفیت پایین‌تری برخوردار هستند استفاده نمود. این رویکرد باعث صرفه‌جویی و حفظ منابع آب با کیفیت منطقه می‌شود. در شرایط فعلی با توجه به تغییر اقلیم منطقه و خشک‌سالی‌های مکرر، ایجاد شبکه دوگانه تأمین آب جزو گزینه‌های مقابله با مشکلات مربوطه است. بنابراین دیر یا زود باید به‌سمت این اقدامات رفت و تدابیر و سیاست‌گذاری لازم توسط دولتمردان اتخاذ شود.

در واقع با توجه به شرایط مختلف بومی و اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی مناطق کشور نمی‌توان با کلی‌گویی و یا اتخاذ تصمیمات

- دوگانه توزیع"، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، مطالعات زیربنایی (گروه آب)، تهران، ایران.
- قندهاری، ا.، داوری، ک.، و قهرمان، ب.، (۱۳۹۶)، "ارزیابی ریسک گزینه‌های تامین آب مشهد و تعیین اولویت آن‌ها"، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، ۷(۲۲)، ۱۹۱-۲۰۶.
- محمدی، س.، و شیخی‌زاده، ح.، (۱۳۹۵)، "مطالعه فون چونندگان شهرستان فردوس"، فصلنامه علمی پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۵، ۹۳-۱۰۳.
- مردان، ح.، (۱۳۹۸)، "پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت آبرفتی اردبیل با استفاده از تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل دراستیک"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، doi: 10.22034/jest.2018.20118.2915
- Brooks, D.B., (2007), "Fresh water in the Middle East and North Africa", *Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East*, Springer, Dordrecht, 33-64.
- Maqsood, I., Huang, G.H., and Yeomans, J.S., (2005), "An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty", *European Journal of Operational Research*, 167, 208-225.
- Mcintyre, N.R., Wagener, T., Wheeler, H.S., and Yu, Z.S., (2003), "Uncertainty and risk in water quality modelling and management", *Journal of Hydroinformatics*, 5(4), 259-274.
- Raygan, S.A., Rezaei, S., Jamshidi, A., Fararoei, M., Sadat, A., and Hashemi, H., (2012), "Investigating the microbial and chemical quality of drinking water", *Health System Research*, 8, 431-437.
- Shokouhian, M., and Derakhahan, S., (2014), "Sustainable water supply infrastructure (by re-examining the experiences of green cities)", *International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges*, Tabriz, Iran.
- Tanaka, H., Guo, P., and Türksen, I.B., (2000), "Portfolio selection based on fuzzy probabilities and possibility distributions", *Fuzzy Sets and Systems*, 111(3), 387-397.
- Turner II, B., (2010), "Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science?", *Global Environmental Change*, 20, 570-576.
- Vanbriesen, J., Dzombak, D., and ZHANG, L., (2014), "Sustainable urban water supply infrastructure", *Carnegie Mellon University, USA*, 427-449.
- Zhu, Y., Wu, Y., and Drake, S., (2004), "A survey: Obstacles and strategies for the development of ground-water resources in arid inland river basins of Western China", *Journal of Arid Environments*, 59, 351-367.