تجربه آب ژرف استرالیا

حوضه آرتزین بزرگ (استرالیا)

GREAT
ARTESIAN
BASIN

کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ (استرالیا)

ترجمه: بهار ۱۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست

خلاصه مدیریتی | ۹

فصل ۱: پیشینه | ۱۱

۱-۱گزارش اصلی | ۱۳

۱-۲مطالعه به‌روز شده در زمینه منابع | ۱۳

فصل ۲: مقدمه | ۱۵

۲-۱ ویژگی‌های یک حوضه آرتزین | ۱۸

۲-۲ حوضه آرتزین بزرگ (GAB) | ۱۹

۲-۲-۱ فیزیوگرافی و اقلیم | ۲۰

۲-۲-۲ خاک و پوشش گیاهی | ۲۲

فصل ۳: زمین‌شناسی | ۲۳

۳-۱ ویژگی‌ها و ساختار کلی | ۲۵

۳-۱-۱ حوضه رسوبی ارومانگا | ۲۷

۳-۱-۲ حوضه‌های رسوبی سورات و کلارنس-مورتون | ۲۷

۳-۱-۳ حوضه‌های رسوبی کارپنتاریا و لورا | ۲۸

۳-۲ رسوبات پوشش‌دهنده | ۲۸

۳-۳ افزایش شناخت نسبت به حوضه آرتزین بزرگ | ۳۱

۳-۳-۱ گسلش در حوضه آرتزین بزرگ | ۳۲

۳-۳-۲ برهم‌کنش بین آبخوان‌های واقع در حوضه آرتزین بزرگ و سطح ایستابی | ۳۴

۳-۳-۲-۱ الگوهای جریان منطقه‌ای در آبخوان‌های واقع در حوضه آرتزین بزرگ | ۴۲

فصل ۴: آب‌زمین‌شناختی | ۴۵

۴-۱ مشخصات هیدرولیکی | ۴۸

۴-۲ آب چینه‌شناسی | ۴۹

۴-۳ جریان آب زیرزمینی | ۵۳
۴-۳-۱ ارتباط بالقوه عمودی حوضه‌های رسوبی | ۵۵
۴-۳-۳-۱ نشانه‌های نشت عمودی | ۵۷
۴-۳-۲ تغذیه | ۶۰
۴-۳-۳ تخلیه طبیعی | ۶۴
۴-۳-۳-۱ چشمه‌ها | ۶۴
۴-۳-۳-۲ نشت عمودی | ۶۷
۴-۳-۳-۳ جریان زیرسطحی | ۶۹
۴-۴ کیفیت آب | ۷۰
۴-۴-۱ کل مواد جامد محلول | ۷۰
۴-۴-۲ خاصیت قلیایی | ۷۱
۴-۴-۳ کلرید | ۷۲
۴-۴-۴ فلوراید | ۷۳
۴-۴-۵ عناصر دیگر | ۷۴
۴-۴-۶ سایر موارد مربوط به کیفیت آب | ۷۵
۴-۴-۶-۱ آهن | ۷۵
۴-۴-۶-۲ نسبت جذب سدیم | ۷۵
۴-۴-۶-۳ نهشته‌های کربناته | ۷۵
۴-۴-۶-۴ گازهای محلول | ۷۶
۴-۵ دما | ۷۶
فصل ۵: بوم‌شناسی | **۷۹**
۵-۱ بوم‌شناسی مناطق خشک | ۸۱
۵-۲ چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ | ۸۲
۵-۲-۱ وضعیت زیست‌محیطی | ۸۷

فصل ۶: تاریخچه توسعه در حوضه آرتزین بزرگ | ۸۹
۶-۱ اکتشافات اولیه | ۹۱
۶-۲ تغییر فشارها و جریان‌های آرتزین | ۹۳
۶-۳ تاریخچه توسعه زیرساخت | ۹۶
۶-۳-۱ حفاری و تجهیز چاه | ۹۶
۶-۳-۱-۱ توسعه استانداردهای حفاری و تجهیز چاه | ۹۷
۶-۳-۲ روش‌های حفاری | ۹۸
۶-۳-۳ جنس لوله‌های جداری | ۹۹
۶-۴ توزیع آب | ۱۰۰
۶-۴-۱ توزیع از طریق کانال | ۱۰۰
۶-۴-۲ توزیع از طریق لوله‌کشی | ۱۰۲
۶-۵ تأثیر بر حیات‌وحش | ۱۰۵
فصل ۷: طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ | ۱۰۷
۷-۱ برنامه احیای چاه‌ها قبل از ۱۹۹۹ | ۱۰۹
۷-۱-۱ کوئینزلند قبل از ۱۹۹۹ | ۱۱۰
۷-۱-۲ نیوساوت ولز قبل از ۱۹۹۹ | ۱۱۱
۷-۱-۳ استرالیای جنوبی قبل از سال ۱۹۹۹ | ۱۱۱
۷-۱-۴ قلمرو شمالی استرالیا قبل از سال ۱۹۹۹ | ۱۱۲
۷-۱-۵ خلاصه | ۱۱۲
۷-۲ مرحله اول GABSI: بین سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۹ | ۱۱۳
۷-۳ مرحله دوم GABSI: بین سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۴ | ۱۱۴
۷-۴ مرحله سوم GABSI: بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۹ | ۱۱۵
۷-۵ برنامه پایش | ۱۱۶
فصل۸: ارزش‌های مرتبط با منابع آب زیرزمینی | ۱۱۹
۸-۱ ارزش‌های اقتصادی | ۱۲۱

۸-۱-۱ ارزش بازار | ۱۲۱
۸-۱-۲ ارزش‌های غیر بازاری | ۱۲۳
فصل ۹: پایداری منابع | **۱۲۷**
۹-۱ سناریوهای مربوط به اقلیم و توسعه | ۱۳۱
۹-۱-۱ سناریو ۱: اقلیم پیش‌بینی‌شده و تداوم توسعه موجود | ۱۳۲
۹-۱-۱-۱ تاثیر بر روی چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ | ۱۳۲
۹-۱-۲ سناریو ۲: اقلیم پیش‌بینی‌شده و توسعه پیش‌بینی‌شده | ۱۳۴
۹-۱-۲-۱ تاثیر بر روی چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ | ۱۳۴
فصل ۱۰: مدیریت فعلی حوضه آرتزین بزرگ | **۱۳۷**
۱۰-۱ طرح ملی آب | ۱۳۹
۱۰-۱-۱برنامه عملیاتی ملی آب زیرزمینی | ۱۴۰
۱۰-۲ برنامه‌های به‌اشتراک‌گذاری آب استان‌ها | ۱۴۱
۱۰-۲-۱ کوئینزلند | ۱۴۱
۱۰-۲-۲ نیوساوت ولز | ۱۴۲
۱۰-۲-۳ استرالیای جنوبی | ۱۴۳
۱۰-۲-۴ قلمرو شمالی استرالیا | ۱۴۴
۱۰-۳ برنامه مدیریت راهبردی حوضه آرتزین بزرگ (GAB) | ۱۴۴
منابع | **۱۴۷**
پیوست | **۱۵۹**
پیوست ۱ | ۱۶۱
پیوست ۲ | ۱۶۳

خلاصه مدیریتی

حوضه آرتزین بزرگ (GAB) بزرگ‌ترین حوضه آب زیرزمینی آرتزین شناخته‌شده در جهان است که مساحت آن حدوداً برابر مساحت کشور ایران (۱,۷۱۱,۰۰۰ کیلومترمربع) است و ۲۲ درصد از قاره استرالیا و ۴ ایالت از ۵ ایالت اصلی این کشور را دربرمی‌گیرد. در سراسر گستره این حوضه آب زیرزمینی آرتزین به‌صورت پیوسته وجود دارد که در اعماق و لایه‌های مختلفی جریان دارند و بیشترین عمق آن در قسمت‌های مرکزی حوضه برابر با ۳۰۰۰ متر مشاهده می‌شود. آب این حوضه عمدتاً از نوع آب‌های زنده است که تحت فشار آرتزین قرار دارند. این منبع عظیم برای مقاصد آب شرب روستاها و شهرها، کشاورزی، دامپروری، صنایع معدنی و پروژه‌های ژئوتوریسم و گردشگری استفاده می‌شود. این حوضه بسیار وسیع اغلب شامل نواحی هموار بوده و دارای نقاط مرتفع و کوهستانی کمتری است. میزان بارندگی در این حوضه متغیر و از بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در غرب استرالیا تا ۶۰۰ میلی‌متر در قسمت‌های شرقی متغیر است و در برخی مناطق حتی به ۱۶۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. حجم آب ذخیره‌شده در حوضه ۶۴ هزار و ۹۰۰ میلیارد مترمکعب است که در حال حاضر ۶۳۰ میلیون مترمکعب از آن سالیانه برداشت می‌شود و این در حالی است که میزان تغذیه این حوضه برابر ۹۱۰ میلیون مترمکعب در سال است. کل آب برداشت‌شده از این حوضه از سال ۱۸۷۹ تاکنون به بیش از ۶۳ میلیارد مترمکعب رسیده است و تعداد کل چاه‌های آرتزین جریان‌دار آن به حدود ۴۷۰۰ حلقه و چاه‌های آرتزین بدون جریان آن به ۳۰۰۰۰ حلقه افزایش یافته است. وسعت مناطق تغذیه این حوضه معادل ۹ درصد از مساحت حوضه می‌باشد. سرعت جریان در اعماق زمین در این حوضه درحدود ۱ تا ۵ متر در سال و میزان تخلخل اندازه‌گیری شده آن برابر با ۱۰ تا ۳۰ درصد است. مسیر اصلی جریان آب به سمت اعماق برونزد سنگ‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها در ارتفاعات و برونزدهای محدود در کف دشت‌ها می‌باشد. سن آب بر اساس آزمایش‌های ایزوتوپی از چند هزار سال در نزدیکی مناطق تغذیه تا بیش از یک میلیون سال در مناطق مرکزی حوضه متغیر است. تا قبل از سال ۱۸۸۰ میلادی همزمان با کشف و حفاری این آبخوان، تراز پیزومتریک آب در اغلب نواحی این حوضه بالاتر از سطح زمین بوده است که البته، پس از آن در برخی مناطق تا ده‌ها متر افت پیدا کرده است.

تخلیه طبیعی از حوضه به‌صورت چشمه، تغذیه آبخوان‌های آبرفتی کم‌عمق و رودخانه‌ها از قسمت‌های زیرین و خروج از کف خلیج کارپنتاریا اتفاق می‌افتد. سرعت تخلیه آب از این چشمه‌ها متغیر است و میزان آن از کمتر از یک لیتر در ثانیه تا حدود ۱۵۰ لیتر در ثانیه متغیر است. دِبی خروجی چشمه‌ها به دلیل حفاری چاه‌های آب در طی ۱۳۰ سال گذشته کاهش یافته است. برخی از چاه‌ها که قبلا آرتزین بوده‌اند، بعدها به چاه‌های نیمه‌آرتزین تبدیل شده‌اند و در برخی مناطق نیز به‌طور کامل خشک شده‌اند.

میزان مواد جامد محلول در آب‌های زیرزمینی این حوضه از کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا بیش از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر است، البته معمولاً میزان متعارف آن بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. سایر آلاینده‌های آب از جمله میزان خاصیت قلیایی، فلوراید، کلراید، سولفات، آهن، کلسیم، سدیم، منیزیم و پتاسیم نیز اغلب در محدوده قابل‌قبولی هستند. همچنین، میزان نرخ جذب سدیم، غلظت گازهای حل‌نشده در آب و رسوبات کربناتی نیز در این حوضه مورد آزمایش قرار گرفته است که نتیجه آزمایش آنها قابل‌قبول است. البته موارد مذکور در برخی از مناطق حوضه خارج از حد مجاز است و در حین بهره‌برداری مورد تصفیه و پالایش قرار می‌گیرند. دمای بالای آب زیرزمینی در چشمه‌های آرتزین در این حوضه نشان‌دهنده یک منبع انرژی زمین‌گرمایی است و به همین دلیل برخی از پروژه‌های انرژی زمین‌گرمایی از

جمله یک نیروگاه زمین‌گرمایی نیز در آن توسعه یافته است. دمای آب این منبع از ۴۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

با توجه به تأثیرات منفی ناشی از برداشت‌های انجام‌شده از این حوضه بر روی چشمه‌ها و چاه‌ها، قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی (۱۹۹۹)در استرالیا تدوین شده است. همچنین در راستای ارتقای سطح کیفی تحقیقات آب ژرف که به‌طور چشمگیری درحال‌توسعه است، پنج کنفرانس بین ایالتی[1] (ICAW) در فاصله سال‌های ۱۹۱۲ تا ۱۹۲۸ برگزار شده است (۱۹۱۲، ۱۹۱۴، ۱۹۲۲، ۱۹۲۵و ۱۹۲۹). بررسی علت کاهش فشار جریان آب در چشمه‌ها و چاه‌ها، محاسبه حجم این منبع عظیم، تعیین منشأ و مسیر حرکت جریان، مسئله خوردگی لوله‌های جداری چاه‌ها و سایر مسائل و مشکلات مربوط به بهره‌برداری از جمله اهداف اصلی این کنفرانس‌ها به شمار می‌آیند.

هم‌اکنون کشور استرالیا با برخورداری از تجربیات ارزشمند و طولانی‌مدت خود در زمینه بهره‌برداری از این منابع عظیم، اطلاعات گسترده‌ای درباره منافع و مشکلات موجود حین بهره‌برداری از این آبخوان‌ها در اختیار دارد. برای نمونه در ابتدا چاه‌ها دارای شرایط کنترل‌شده‌ای در سرچاه نبودند، لذا آب به‌راحتی هدر می‌رفت و یا این‌که استخرها و برکه‌هایی پیرامون چاه‌ها شکل می‌گرفت. برخی از چاه‌ها دچار مشکل خوردگی در لوله‌های جداری بودند که بعدها برای حل این مشکل لوله‌هایی از جنس فولاد ضدزنگ و یا PVC حرارت و فشار بالا استفاده شد. برخی از چاه‌ها نیز دچار اشکالات اجرایی در لوله‌های جداری و سیمان‌کاری بودند که موجب هدر رفتن آب قبل از رسیدن به سطح زمین می‌شدند و البته این مشکل با استفاده از فناوری‌های نوین حفاری رفع شد. با این حال، چاه‌های حفرشده همچنان نیاز به بازسازی دارند. توزیع آب خروجی از چاه در ابتدا از طریق آبراهه‌ها و رودخانه‌های موجود صورت می‌گرفت که این موضوع به هدر رفت شدید آب منجر می‌شد. لذا پس از چند سال، تصمیم به توزیع آب از طریق کانال‌های دستی گرفته شد که به دلیل مشکلات عمده این روش نظیر تبخیر و نشت زیاد، نیاز به لایروبی مداوم، استفاده برنامه‌ریزی نشده حیوانات وحشی از آب، رشد جلبک و گیاهان خود رو در کنار کانال‌ها و غیره، سیستم لوله‌کشی جایگزین آن شد. با این حال، علیرغم مزایای زیاد و هزینه‌های پایین نگهداری سیستم لوله‌کشی، ولی این روش نیز مستلزم سرمایه‌گذاری اولیه بالایی بود. با توجه به این مشکلات، دولت استرالیا با تدوین یک برنامه ۱۵ ساله (برنامه مشترک بین دولت‌های مشترک‌المنافع تحت عنوان طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ) نسبت به بازسازی چاه‌ها، جایگزینی آن‌ها با چاه‌های جدید و تغییر سیستم‌های توزیع آب از کانال به لوله‌کشی اقدام کرد. این برنامه طی سه مرحله و با تخصیص ۱۵۰ میلیون دلار اجرا شد. اعطای یارانه اختصاص داده شده به این طرح منوط به پرداخت ۲۰ درصد از هزینه‌های اجرایی توسط مالکان چاه است. در نتیجه این اقدامات، فشار در چاه‌ها بازیابی و تا میزان بالایی از هدر رفت آب جلوگیری به عمل آمد و آب به صورت هدفمند توزیع شد.

همچنین در مرحله سوم این طرح، یک سیستم جامع پایش و رفتارسنجی برای چاه‌ها و چشمه‌ها با اعتبار ۴/۴ میلیون دلار پیاده‌سازی شد که توسط جامعه مهندسین آب زمین‌شناختی استرالیا طراحی و اجرا گردید. مطابق این سیستم پایش، فشار، دما، pH، هدایت الکتریکی و جریان حوضه توسط تجهیزات سرچاهی اندازه‌گیری می‌شوند. این تجهیزات بر اساس مجوز کارفرما به دو صورت سیستم‌های اندازه‌گیری دستی و اتوماتیک نصب می‌شوند. شایان ذکر است کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ[2] (GABCC) مسئولیت مدیریت، نظارت و اجرای تمام اقدامات و فعالیت‌های مربوط به این آبخوان را بر عهده دارد.

1. Interstate Conference on Artesian Water
2. Great Artesian Basin Coordinating Committee

فصل اول:

پیشینه

۱-۱ گزارش اصلی

مطالعه منابع حوضه آرتزین بزرگ[1] به سفارش شورای مشورتی این حوضه[2] در سال ۱۹۹۷ (کاکس و بارون، ۱۹۹۸) انجام شد. این گزارش به منظور ارائه نظر کلی در مورد موضوعات زیر ارائه شد:

- ماهیت حوضه آرتزین بزرگ[3] (GAB)؛
- استحصال و برداشت آب از حوضه آرتزین بزرگ و تاثیرات آن؛
- تمهیدات موجود در ارتباط با مدیریت آب‌های زیرزمینی؛
- مسائل مهم برای مدیریت آب‌های زیرزمینیِ حوضه آرتزین بزرگ.

این مطالعه از این جهت که اولین مطالعه کلی در زمینه حوضه آرتزین بزرگ بود، به عنوان مطالعه‌ای منحصر به فرد به شمار می‌آمد. مطالعه مذکور مبتنی بر تحقیقات متخصصین محترم و گرانقدر در زمینه‌های کاری خود انجام شده و طیف وسیعی از موضوعات مدیریتی تاریخی و معاصر را دربر گرفته است.

با این‌که اکثر داده‌های موجود در مطالعه اصلی هنوز هم معتبر هستند، ولی دانش مربوط به این منابع در نتیجه‌ی تحقیقات بیشتر افزایش یافته است. علاوه بر این، داده‌های بیشتری در مورد استحصال و برداشت آب از این حوضه و تاثیرات آن جمع‌آوری شده است و تحقیقات بیشتری در مورد مسائل مربوط به مدیریت آب‌های زیرزمینی انجام شده است. همچنین از سال ۱۹۹۸ به بعد، تغییرات زیربنایی قابل توجهی رخ داده است و تمهیدات مدیریتی جدیدی در بیشتر حوزه‌های قضایی این حوضه اجرا شده‌اند.

۱-۲ مطالعه به‌روز شده در زمینه منابع

کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ[4] (کمیته) در اوایل سال ۲۰۰۴ به منظور جایگزینی شورای مشورتی این حوضه تأسیس و شروع به کار نمود. ارائه توصیه‌های سازمان‌ها و آژانس‌های اجتماعی به وزیران در مورد مدیریت کارآمد، موثر و پایدار تمام منابع و هماهنگ‌سازی فعالیت ذینفعان وظیفه اصلی این کمیته محسوب می‌شود.

با توجه به این‌که حصول اطمینان از دسترسی ذینفعان به اطلاعات به‌روز در مورد حوضه مذکور از جمله وظایف کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ محسوب می‌شود، مطالعه اصلی به سفارش این کمیته به‌روزرسانی شده است.

---

1. Great Artesian Basin Resource Study
2. Great Artesian Basin Consultative Council
3. Great Artesian Basin
4. Great Artesian Basin Coordinating Committee

بدیهی است که این به‌روزرسانی بر اساس مطالعه اصلی کاکس و بارون[1] (۱۹۹۸) در زمینه منابع این حوضه صورت گرفته است. این به روزرسانی شامل برخی از بخش‌های مطالعه اصلی است و صرفا موارد جزئی به روزرسانی شده و یا بخش‌هایی به مطالعه اضافه شده‌اند.

در این مطالعه، تغییرات عمده و یا اطلاعات جدیدی به شرح زیر گنجانده شده‌اند:

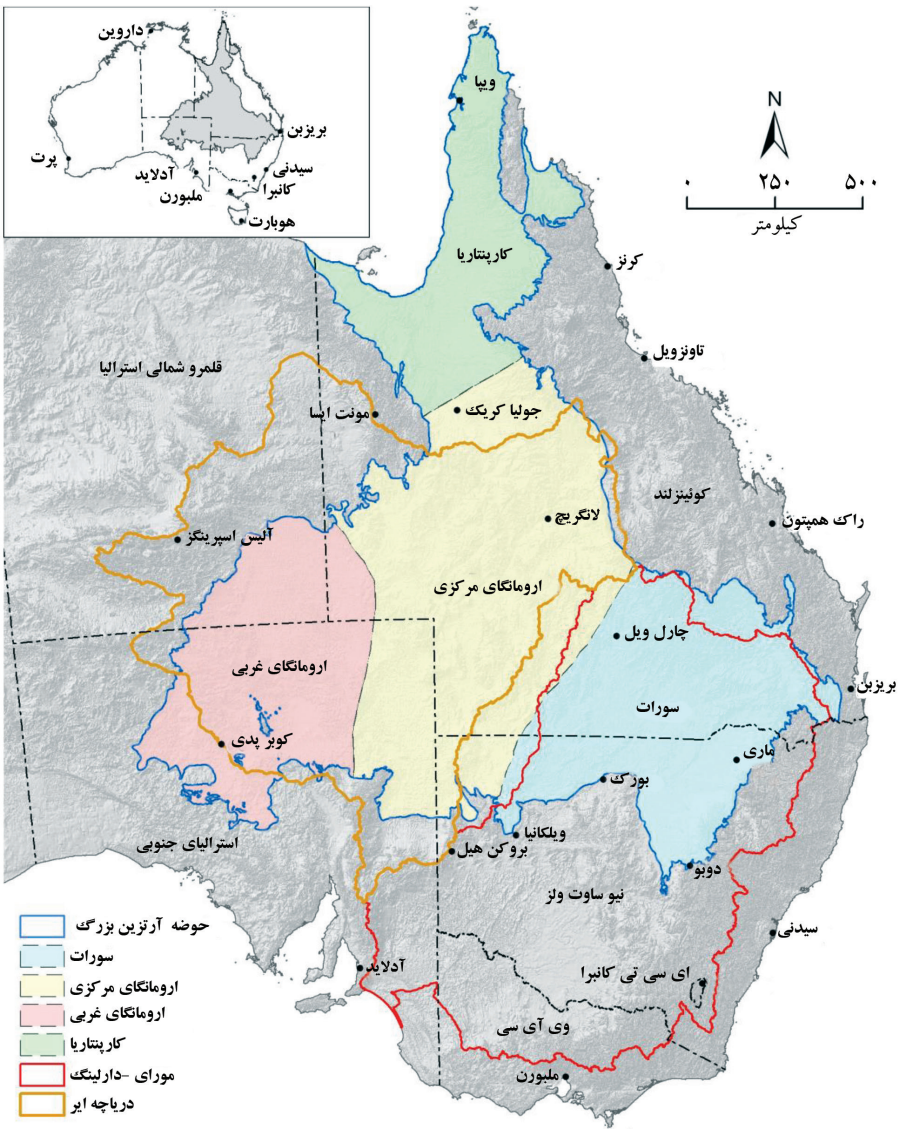
- گسترش مرز جغرافیایی به فراتر از مرز واقعی این حوضه به طوری که بتوان مناطق فعلی مدیریتی آب که از نظر آب‌زمین‌شناختی با این حوضه (حوضه‌های رسوبی لورا[2]، مالگیلدای[3] و بخشی از کلارنس- مورتون[4]) ارتباط دارند را لحاظ کرد؛
- تأثیر رژیم‌های خشکسالی و ترسالی در آینده روی منابع آبی این حوضه به همان شیوه‌ای که از طریق ارزیابی منابع آب این حوضه مدل‌سازی شده است (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲)؛
- چشمه‌های آرتزین که تحت حمایت قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی[5] (۱۹۹۹) قرار دارند؛
- توصیف ساختارهای زمین‌شناختی ناشناخته اخیر شامل گسل‌ها و تأثیر آنها بر روی منابع آب زیرزمینی؛
- توالی آب‌چینه‌شناسی مفهومی و به‌روزشده از حوضه‌های رسوبی اورومانگا[6]، کارپنتاریا[7]، سورات[8] و کلارنس- مورتون؛
- تغییر فشار آب زیرزمینی در طول زمان به دلیل استحصال و برداشت آب؛ و
- طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ[9] (GABSI).

1. Cox and Barron
2. Laura
3. Mulgildie
4. Clarence- Moreton
5. Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999
6. Eromanga
7. Carpentaria
8. Surat
9. Great Artesian Basin Sustainability Initiative

فصل دوم:

مقدمه

حوضه آرتزین بزرگ واقع در استرالیا به عنوان بزرگترین حوضه منابع آب زیرزمینی آرتزین در جهان محسوب می‌شود که مساحت آن ۱,۷۱۱,۰۰۰ کیلومترمربع بوده و ۲۲ درصد از قاره استرالیا و قسمت اعظم کوئینزلند[1] و قسمت‌هایی از نیوساوت ولز[2]، استرالیای جنوبی و قلمرو استرالیای شمالی[3] را دربرمی‌گیرد (شکل ۲-۱). این حوضه عمدتا نواحی نیمه‌خشک و خشک تا غرب رشته‌کوه‌های جداکننده بزرگ[4] را دربرمی‌گیرد.



شکل ۲-۱: محدوده جغرافیایی حوضه آرتزین بزرگ که به مناطق اصلی تقسیم‌بندی شده است و با حوضه‌های آبریز سطحی انتخابی پوشش داده شده است (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

1. Queensland
2. New South Wales
3. Northern Territory
4. Great Dividing Range

به طور کلی، آبخوان‌ها در سراسر محدوده حوضه آرتزین بزرگ به طور پیوسته قرار دارند و تا عمق ۳۰۰۰ متری زیر سطح در قسمت مرکزی جریان دارند. آب موجود در این آبخوان‌ها عمدتا از نوع آب‌های شیرین بوده و در بسیاری از مناطق، تحت فشار کافی قرار دارد و هنگامی که از طریق چاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک منبع آرتزین طبیعی را ایجاد می‌کند. دمای آب متغیر بوده و هنگامی که به سطح می‌رسد، برابر با ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است. جریان‌های خروجی طبیعی اغلب تحت عنوان چشمه‌های آرتزین نامیده می‌شوند که طیف متنوعی از حیات وحش در مناطق خشک از منافع آن بهره‌مند می‌شوند.

شواهد زیادی مبنی بر استفاده از چشمه‌های واقع در حواشی حوضه آرتزین بزرگ توسط بومیان استرالیا از هزاران سال قبل از استقرار اروپا وجود دارد. با این حال، کشف منابع آب زیرزمینی این حوضه در دهه ۱۸۸۰ میلادی به توسعه دامپروری و گله‌داری در محیط خشک و عمدتا بی‌آب و علف انجامید؛ محیطی که در معرض رطوبت بسیار شدید قرار داشت.

امروزه، منابع آب استحصالی از حوضه آرتزین بزرگ عاملی حیاتی برای بسیاری از جوامع روستایی و فعالیت‌های مرتبط با دامپروری و گله‌داری، کشاورزی، معدن و پروژه‌های فرهنگی و گردشگری محسوب می‌شوند. با توجه به افزایش تقاضا برای منابع آب، شناسایی بهتر این حوضه از اهمیت روزافزونی برخوردار است. در بررسی حاضر، مشخصات آب‌زمین‌شناختی، هیدروشیمی و دانش مدل‌سازی آب زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱ ویژگی‌های یک حوضه آرتزین

حوضه‌های رسوبی آرتزین متشکل از سنگ‌های متخلخل و نفوذپذیر- معمولا ماسه‌سنگ- بوده که با آب اشباع شده‌اند. آب در این لایه‌ها توسط لایه‌های بالایی محصور شده و به گونه‌ای تحت فشار قرار دارند که در صورت حفاری به طور طبیعی به سطح زمین جریان می‌یابند.

ماسه‌سنگ‌های موجود در حوضه آرتزین بزرگ از این جهت به عنوان آبخوان تعریف می‌شوند که به اندازه کافی برای جریان آب زیرزمینی نفوذپذیر هستند و مقادیر قابل توجهی آب زیرزمینی به طور مقرون به صرفه از طریق آنها حاصل می‌شود.

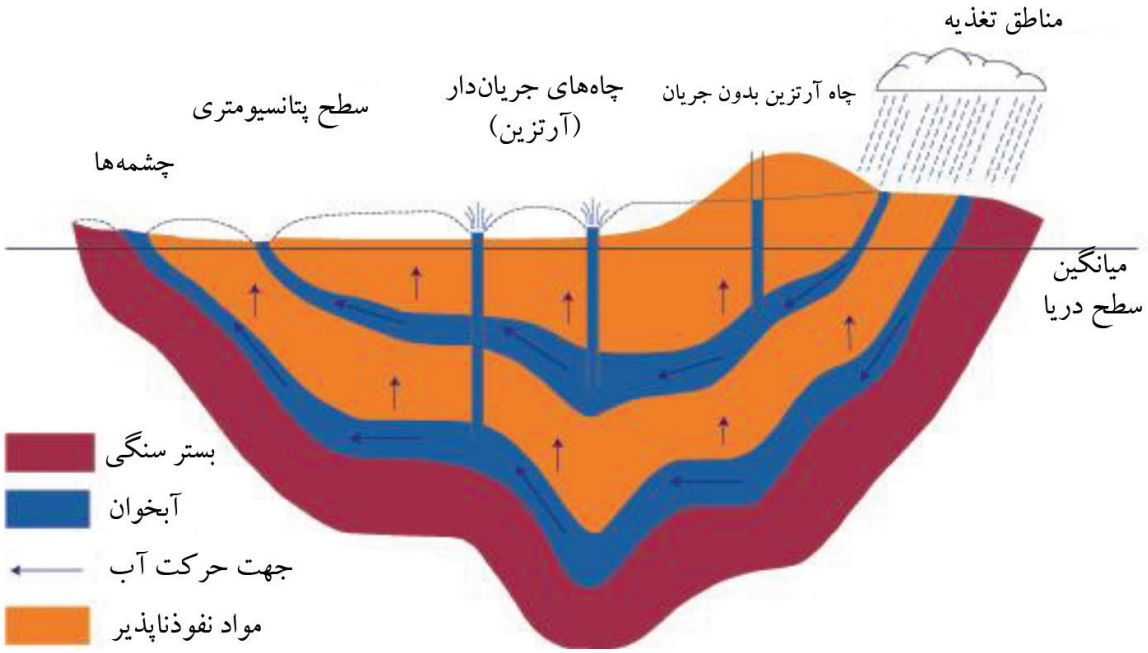
ویژگی‌های کلیدی سیستم ساده‌سازی شده و مفهومی آب زیرزمینی آرتزین در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

همان طور که در شکل نشان داده شده است، جابه‌جایی آب زیرزمینی آرتزین در آبخوان‌های تحت فشار از ارتفاع بالاتر و در مناطق تغذیه صورت می‌گیرد.

چاه‌هایی که در آن آب زیرزمینی آبخوان به صورت خودجوش به بالاتر از سطح زمین می‌رسد و در سطح زمین تحت فشار آرتزینی خود به طور آزاد جریان می‌یابد، تحت عنوان چاه‌های آرتزین نامیده می‌شوند.

چاه‌های نیمه‌آرتزین، چاه‌هایی هستند که در آن‌ها آب زیرزمینی تا سطحی از چاه بالا می‌آید ولی به سطح زمین نمی‌رسد و آب باید به کمک پمپاژ برداشت شود.

چشمه‌های آرتزین جریان‌دار خروجی‌های طبیعی آبخوان‌های آرتزین هستند که در آن‌ها آب زیرزمینی از سطح زمین جریان می‌یابد.

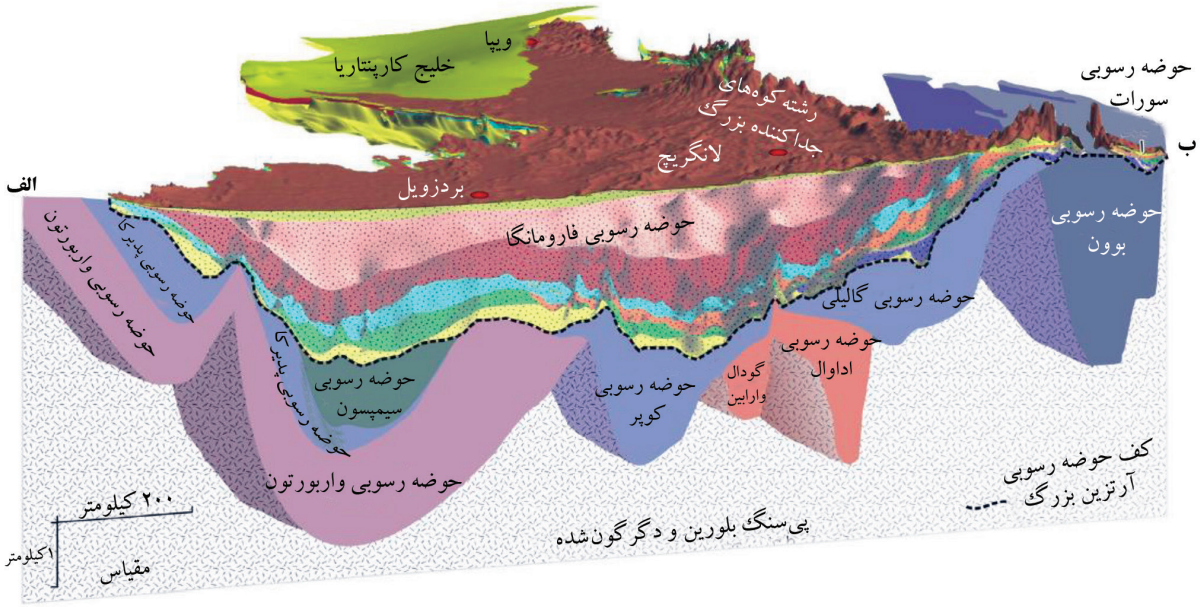


شکل ۲-۲: مدل مفهومی و ساده‌سازی شده یک حوضه آرتزین (اندرسبی، ۱۹۹۹).

۲-۲ حوضه آرتزین بزرگ (GAB)

حوضه آرتزین بزرگ، سیستم آب زیرزمینی آرتزین پیچیده‌ای است که از حوضه‌های رسوبی اورمانگا، سورات، کارپنتاریا و لورا تشکیل شده است و با حوضه‌های رسوبی زیرین و زمین‌شناسی سطحی ارتباط بالقوه دارد. چنانچه در شکل ۲-۳ نشان داده شده است (حوضه رسوبی اورمانگا)، حوضه آرتزین بزرگ حاوی سیستم آبخوان تحت فشار و چندلایه است. لایه‌های محصورکننده بین‌لایه‌ای شامل گل‌سنگ و لای‌سنگ هستند. این لایه‌های محصور کننده برای عبور جریان آب مشکل ایجاد می‌کنند ولی به طور کامل مانع جریان آب به آبخوان‌های مجاور نمی‌شوند و یا اینکه از جریان آب از آبخوان‌های مجاور ممانعت نمی‌کنند. سازند والامبیلا (یا گروه رولینگ داونز)[1] شامل توالی رسی ضخیم رسوبات با منشأ دریایی از اواخر عصر آپتین تا اوایل عصر آلبین است که بالاترین لایه محصورکننده را تشکیل می‌دهد.

1. Wallumbilla Formation (or Rolling Downs Group)



شکل ۲-۳: نمای سه‌بعدی برشی از حوضه آرتزین بزرگ. بخش اصلی این حوضه بالاتر از خط نقطه‌چین قرار دارد. حوضه‌های رسوبی زیرین و سطحی نیز نشان داده شده است که ارتباط بالقوه با حوضه آرتزین بزرگ دارند (اسمردون و همکاران، ۲۱۰۲).

۲-۲-۱ فیزیوگرافی و اقلیم

حوضه آرتزین بزرگ مساحت زیادی را دربرمی‌گیرد و از خلیج کارپنتاریا از بالای شبه‌جزیره کیپ یورک[1] در شمال تا جنوب شرقی استرالیا در جنوب غربی امتداد یافته است و بدین‌ترتیب، فیزیوگرافی گسترده و تفاوت‌های زیادی در اقلیم منطقه به چشم می‌خورد.

قسمت اعظم حوضه آرتزین بزرگ را دشت‌های پست داخلی در برگرفته‌اند که از طریق زمین‌های هموار و مسطح و زمین‌های مرتفع رشته‌کوه‌های جداکننده بزرگ در شرق محدود می‌شوند. به طور کلی، سطح زمین در امتداد تورفتگی‌های توپوگرافی اصلی در نزدیکی دریاچه ایر[2] و دریاچه فروم[3] در جنوب غربی شیب پیدا می‌کند که هر دو دارای ویژگی زهکشی طبیعی هستند و در عمق ۱۶ متری پایین‌تر از سطح دریا قرار دارند. قله‌های رشته‌کوه‌های جداکننده بزرگ در کوئینزلند از ۹۰۰–۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا و در نیوساوت ولز تا ۱۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا متغیر هستند. حواشی غربی این حوضه از ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا متغیر هستند.

این حوضه به طور کلی در مناطق نیمه‌خشک تا خشک استرالیا واقع شده و آب و هوای آن در بخش‌های مرکزی و غربی بسیار خشک، گرم تا داغ است و در امتداد حاشیه شرقی، معتدل‌تر تا نیمه‌استوایی است. شرایط آب و هوایی حاکم بر شمالی‌ترین بخش منطقه، مرطوب و خشک استوایی است.

1. Cape York Peninsula
2. Lake Eyre
3. Lake Frome

میانگین بارندگی سالانه از حداقل حدود ۱۰۰ میلی‌متر در غرب حوضه آرتزین بزرگ (کویر سیمپسون[1]) تا حداکثر حدود ۶۰۰ میلی‌متر در شرقی‌ترین نقطه آن (جنوب شرقی کوئینزلند و شمال شرقی نیوساوت ولز) متغیر است. در شبه‌جزیره کیپ‌یورک به دلیل باران‌های گرمسیری، میانگین بارش بیش از ۱۶۰۰ میلی‌متر در سال است. در این منطقه میزان بارش سالانه «به‌ندرت در حد میانگین» است و در بسیاری از سال‌ها میزان بارش آن به‌شدت بالا و یا پایین اتفاق می‌افتد.

با توجه به این‌که تبخیر (براساس آزمون تشت تبخیر[2]) در قسمت اعظم این حوضه بیش از تعرق است، کمبود بارندگی در این مناطق احساس می‌شود. این امر حاکی از اهمیت آب زیرزمینی به عنوان منبعی بسیار معتبرتر از آب سطحی است. کمبود بارش سالانه در امتداد خط ساحلی شدت می‌یابد و در غرب این حوضه که تبخیر سالانه تا ۴۰۰۰ میلی‌متر بیش از میزان بارندگی سالانه است، به حداکثر میزان خود می‌رسد.

قسمت اعظم جریان آب سطحی- در مواردی که در دسترس است- از مناطق مرتفع و کوهستانی شرقی سرچشمه می‌گیرد و به سمت شمال شرق استرالیای جنوبی یا به سمت حوضه آبی ماری-دارلینگ[3] در جنوب استرالیا جاری می‌شود. برعکس، در نیو ساوت ولز جریان پایه رودخانه‌های حوضه آبریز ماری-دارلینگ به احتمال زیاد از طریق حوضه آرتزین بزرگ تامین می‌شود. این جریان‌های پایه توسط «پس‌زدن تغذیه»[4] تأمین می‌شوند. پس‌زدن تغذیه زمانی اتفاق می‌افتد که میزان ورود آب به آبخوان به دلایل زمین شناختی محدود شده و آب در سطح تخلیه می‌شود (NSW DPI، 2009).

البته منطقه شمال یا کیپ یورک از این رژیم جریان مستثنی است و در این منطقه انتقال جریان‌های سطحی غالبا به سمت غرب و شمال غرب در خلیج کارپنتاریا[5] است.

ویژگی بارز آبراهه‌های سطحی در حوضه آرتزین بزرگ این است که مدت زمان جریان و تخلیه در آن‌ها بسیار متغیر است. بادهای موسمی گرمسیری و بارش‌های طوفانی باعث جریان‌های جویباری بسیار عظیمی در مناطق گرمسیری می‌شوند. شبکه بزرگی از رودخانه‌هایی که عمدتا فصلی هستند و عموما در جهت جنوب غربی جریان دارند (شکل ۲-۱)، دریاچه ایر و حوضه آبی ماری-دارلینگ را تغذیه می‌کنند. البته، در بیشتر قسمت‌ها به علت فاصله زیاد، شیب کم، تلفات بالای نشت و تبخیر، جریان‌ها به دریاچه ایر نمی‌رسند. در نتیجه، به طور کلی دریاچه‌های جنوب غربی این حوضه به شکل فرورفتگی‌هایی مسطح، خشک و با پوسته نمکی خودنمایی می‌کنند. همچنین، برکه‌های بزرگ طبیعی نیز در رودخانه‌های فصلی وجود دارند که در برخی نقاط، منابع دائمی آب را تامین می‌کنند.

---

1. Simpson Desert

۲. تشت تبخیر: اندازه‌گیری تبخیر در زمانی‌که عوامل آب و هوایی متعدد نظیر دما، رطوبت، بارش، پراکندگی خشکسالی، تابش خورشیدی و باد در تعیین تبخیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

3. Murray–Darling

4. Rejected recharge

5. Gulf of Carpentaria

۲-۲-۲ خاک و پوشش گیاهی

همانطور که انتظار می‌رود در چنین منطقه بزرگی، انواع متنوع خاک وجود دارد. به طور کلی، خاک‌ها مربوط به زمین‌شناسی زیرین می‌باشند: خاک‌های سنگین‌تر رسی بر روی رخنمون‌هایی از رسوبات ریزدانه (مانند شیل‌ها و گل‌سنگ‌ها) تشکیل شده‌اند و خاک‌های ماسه‌ای بر روی رخنمون ماسه‌سنگ‌ها قرار گرفته‌اند. نهشته‌های سنوزوئیک قسمت اعظم این حوضه را پوشش می‌دهند و انواع مجزایی از خاک را ایجاد کرده‌اند.

پوشش گیاهی طبیعی در این منطقه با انواع خاک، میزان بارندگی و دما سازگار است. در نتیجه، تنوع وسیعی از انواع پوشش‌های گیاهی در این حوضه وجود دارد که از بوته‌های تیغ (اسپینیفکس)[1] که بخشی از تلماسه‌های صحرایی را پوشش می‌دهد تا جنگل‌های باز در دشت‌های فراخ گسترده و جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز (گونه‌های *اسکلروفیل* که دارای برگ‌های سخت می‌باشند) و مرطوب که بارندگی در آن‌ها بیشتر و قابل اطمینان‌تر است، را دربرمی‌گیرد. قسمت اعظم شمال شرقی این حوضه پوشیده از چمنزارهای باتلاقی است که در خاک‌های خاکستری و قهوه‌ایِ با چگالی بیشتر و در خاک‌های سرخ روئیده‌اند. نواحی شمال شرقی و شمال غربی این حوضه پوشیده از جنگل‌های باز پستی است که در آن علفزارهای ناهموار (اسپینیفکس) با فاصله زیاد بر روی خاک‌های ماسه‌ای و اسکلتی روئیده‌اند. قسمت اعظم شرق و جنوب شرق این حوضه پوشیده از جنگل‌هایی است که درختان و درختچه‌ها در آن روئیده‌اند.

در این مناطق خشک و نیمه‌خشک، رطوبت پایین خاک سبب حاصلخیزی پایین خاک و کاهش تولید می‌شود. با توجه به این‌که در بیشتر نواحی این مناطق امکان کشاورزی و کاشت گیاهان برای تولید مراتع وجود ندارد، انتظار می‌رود که ظرفیت بارگیری در فعالیت‌های دامپروری و گله‌داری در این مناطق اندک تا بسیار اندک باشد. منطقه میچل گرس داونز[2] در قسمت‌های شمالی و مرکزی حوضه آرتزین بزرگ از بهترین زمین‌های چراگاهی در مناطق خشک به شمار می‌آید. برخی از محصولات غلات و سایر گیاهان نامبرده در مناطق جنوب شرقی رشد می‌کنند که بارندگی بیشتری دارند.

1. Spinifex
2. The Mitchell Grass Downs

فصل سوم:
زمین‌شناسی

۳-۱ ویژگی‌ها و ساختار کلی

بخش ۳-۱ (ویژگی‌ها و ساختار کلی) برگرفته از مطالعه اسمردون و همکاران (۲۰۱۲) است. شرح کاملی از زمین‌شناسی حوضه آرتزین بزرگ در نشریات مربوط به *سازمان تحقیقات صنعتی و علمی مشترک‌المنافع* استرالیا[1] (CSIRO) یافت می‌شود؛ کلت و رادک (۲۰۱۲) و رادک و کلت (۲۰۱۲).

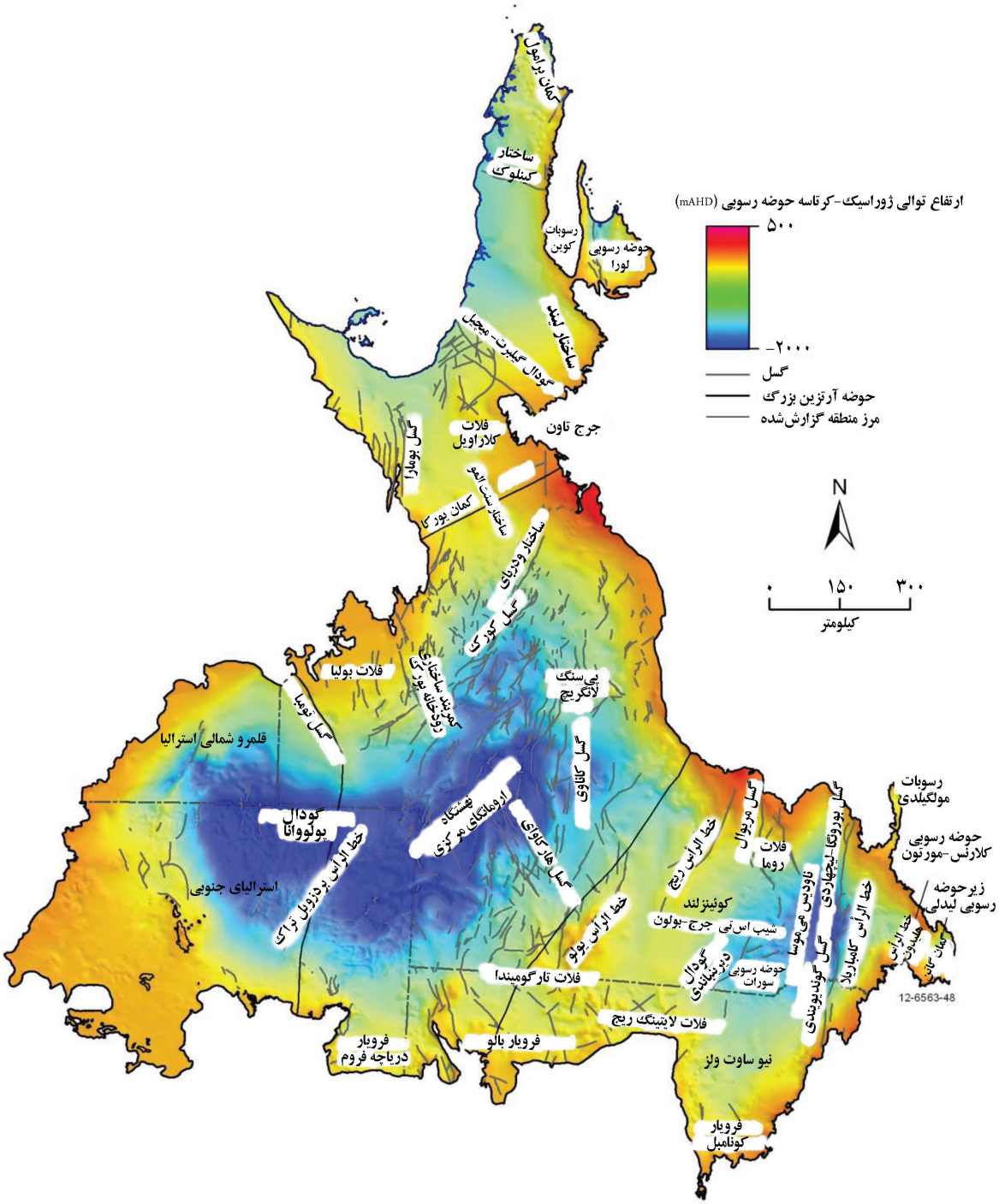
آبخوان‌های حوضه آرتزین بزرگ، عمدتا از جنس ماسه‌سنگ بوده که توسط لایه‌های ناتراوا از جنس لای‌سنگ و گل‌سنگ جدا شده و تحت فشار قرار می‌گیرند. این لایه‌های رسوبی متعلق به دوره‌های ژوراسیک تا کرتاسه می‌باشند(۶۵ تا ۲۰۰ میلیون سال).

حوضه آرتزین بزرگ از لحاظ چینه‌شناسی توسط ناپیوستگی‌های مهمی در بالا و پایین محدود می‌گردد. قدیمی‌ترین لایه رسوبی این حوضه متشکل از لایه‌های تریاس پسین می‌باشد (با سن ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیون سال). سطح بالای آبخوان‌های حوضه آرتزین بزرگ توسط رسوبات دریایی عمیق پوشیده می‌شود. این رسوبگذاری پس از یک ناپیوستگی مربوط به کرتاسه میانی تا پسین (۶۵ تا ۹۰ میلیون سال) اتفاق افتاده است.

حوضه آرتزین بزرگ به عنوان یک حوضه آب‌زمین‌شناختی توسط هابرمهل[2] (۱۹۸۰) تعریف شده است که متشکل از حوضه‌های زمین‌شناسی ارومانگا، سورات، کارپنتاریا و همچنین توالی‌های زیرین دوره تریاس در حوضه‌های بوون[3] و گالیلی[4] است. بخش غربی حوضه رسوبی کلارنس-مورتون در حال حاضر به عنوان یک گستره آب‌زمین‌شناختی شرقی تا حوضه رسوبی سورات در نظر گرفته می‌شود. اگرچه حوضه رسوبی لورا توسط باریکه‌ای با حوضه رسوبی کارپنتاریا ارتباط دارد، ولی از نظر آب‌زمین‌شناختی مستقل است. آبخوان‌های دوره‌های کامبرین، تریاس، ژوراسیک و کرتاسه پیشین تا حدودی به صورت هیدرولیکی در برخی از بخش‌های حوضه آرتزین بزرگ با همدیگر ارتباط دارند.

اگرچه حوضه‌های رسوبی حوضه آرتزین بزرگ (ارومانگا، سورات، کلارنس-مورتون، کارپنتاریا و لورا) تاریخچه رسوبگذاری و سرگذشت تکتونیکی مشابهی دارند، اما تفاوت‌های مختصری از لحاظ نرخ رسوبگذاری و فرونشست دارند که به دلیل ساختارهای رسوبی قدیمی‌تر زیرین (به‌ویژه در حوضه رسوبی ارومانگا و سورات) می‌باشند. این عناصر ساختاری باعث تشکیل مناطق پست ارتفاعی می‌گردد که اساس تشکیل حوضه‌های آب زمین‌شناسی امروز می‌باشند (شکل ۳-۱).

1. The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
2. Habermehl
3. Bowen
4. Galilee



شکل ۳-۱: ارتفاع پی‌سنگ حوضه آرتزین بزرگ با عناصر ساختاری حوضه‌های رسوبی ارومانگا، کارپنتاریا، سورات و کلارنس-مورتون (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

۳-۱-۱ حوضه رسوبی ارومانگا

عمیق‌ترین بخش حوضه رسوبی ارومانگا (شکل ۳-۱) از شمال شرق تا جنوب غربی روی حوضه‌های رسوبی کوپر[1]، وارابین[2] و آدوال[3] قرار گرفته است. بخش مرکزی حوضه رسوبی ارومانگا دارای ساختارهای زمین‌شناسی بسیاری است (شکل ۳-۱):

- خط‌الرأس بردزویل تراک[4]، یک نقطه کم‌ارتفاعی است که در جهت شمال شرقی به سمت جنوب-جنوب غربی گسترش می‌یابد و بخش مرکزی حوضه رسوبی ارومانگا را از گودال پولووانا[5] به سمت غرب جدا می‌کند.
- خط‌الرأس‌های یولو[6] و نبین[7] بخش مرکزی حوضه رسوبی ارومانگا و کل حوضه رسوبی سورات را از همدیگر جدا می‌کنند؛
- تا شمال عمیق‌ترین بخش حوضه رسوبی ارومانگا، کمان یوروکا[8] توسط سازندهای قدیمی‌تر ایجاد شده است که به سمت سطح زمین برافراشته شده است.

تمام این خط‌الرأس‌ها مرزهای ساختاری را در حوضه رسوبی آرتزین بزرگ ایجاد می‌کنند، هرچند سازندهای دوره‌های ژوراسیک و کرتاسه در این مرزها از لحاظ زمین‌شناسی با همدیگر ارتباط دارند.

۳-۱-۲ حوضه‌های رسوبی سورات و کلارنس-مورتون

در حوضه رسوبی سورات (شکل ۳-۱) ساختارهای عمده زمین‌شناسی عبارتند از:

- ناودیس شمال-جنوب میموسا[9] با حوضه رسوبی زیرین باون[10] در یک ردیف قرار گرفته و از جنوب تا بخش شرقی فروبار کونامبل[11] گسترش می‌یابد؛
- رخنمون سازندهای متعددی در مجاورت خط‌الرأس‌های یولو و نبین در سمت غرب عمیق‌ترین بخش حوضه رسوبی سورات پدید آمده‌اند.

فروبار کونامبل (شکل ۳-۱)، در بخش جنوبی حوضه رسوبی سورات دارای ماسه سنگ پیلیگا[12] می‌باشد که هم‌تراز آبخوان کادنا-اووی-هورای[13] برای اهداف این مطالعه است.

---

1. Cooper
2. Warrabin
3. Adavale
4. Birdsville Track Ridge
5. Poolowanna
6. Eulo Ridge
7. Nebine Ridge
8. Euroka
9. Mimosa
10. Bowen
11. Coonamble Embayment
12. Pilliga
13. Cadna-owie - Hooray

حوضه رسوبی کلارنس–مورتون به طور کلی از حوضه رسوبی سورات توسط خط‌الرأس هم‌ردیف شمال–جنوب کومباریلا[1] جدا شده است (شکل ۳-۱). سازندهای زمین‌شناسی واقع در شرق خط‌الرأس کومباریلا، مجموعه‌های پیچیده‌ای از خط‌الرأس‌ها و گودال‌های گسترده را تشکیل می‌دهند که در آنها سازندهای دوره‌های ژوراسیک و کرتاسه‌ی حوضه آرتزین بزرگ به طور پیوسته در حوضه رسوبی کلارنس–مورتون گسترش می‌یابند.

۳-۱-۳ حوضه‌های رسوبی کارپنتاریا و لورا

در خلیج کارپنتاریا، حوضه‌های رسوبی کارپنتاریا و لورا در دوران ژوراسیک–کرتاسه نشانگر محیط کم‌عمق و گسترده‌ای هستند (شکل ۳-۱). هر دو حوضه رسوبی به سمت شمال، عمیق‌تر و ضخیم‌تر شده و تا منطقه فلات قاره گسترش می‌یابند. حوضه رسوبی کارپنتاریا در مجاورت حوضه رسوبی اورمانگا قرار دارد و تا بالای کمان یورکا امتداد می‌یابد. حوضه رسوبی کارپنتاریا واقع در ساحل، ارتباط زمین‌شناسی ضعیفی به سمت شرق روی کمان کیمبا[2] با حوضه رسوبی لورا دارد (شکل ۳-۱). با این حال، لورا به صورت آب‌زمین‌شناختی از حوضه رسوبی کارپنتاریا مستقل است.

۳-۲ رسوبات پوشش‌دهنده

بخش ۳-۲ (رسوبات پوشش‌دهنده) به شکل ۳-۲ اشاره دارد.

ناپیوستگی دوره کرتاسه میانی تا پسین بالای حوضه آرتزین بزرگ با رسوبات گسترده دریایی و قاره‌ای دشت سیلابی در کرتاسه پسین پوشیده شده‌اند. این نهشته‌ها، لایه‌های محصورکننده گسترده‌ای را بر روی آبخوان کادنا–اووی–هورای و آبخوان‌های مشابه تشکیل می‌دهند. هوازدگی و ته‌نشینی رسوبات در طول دوره نوزیستی (سنوزوئیک) همچنان ادامه داشته است.

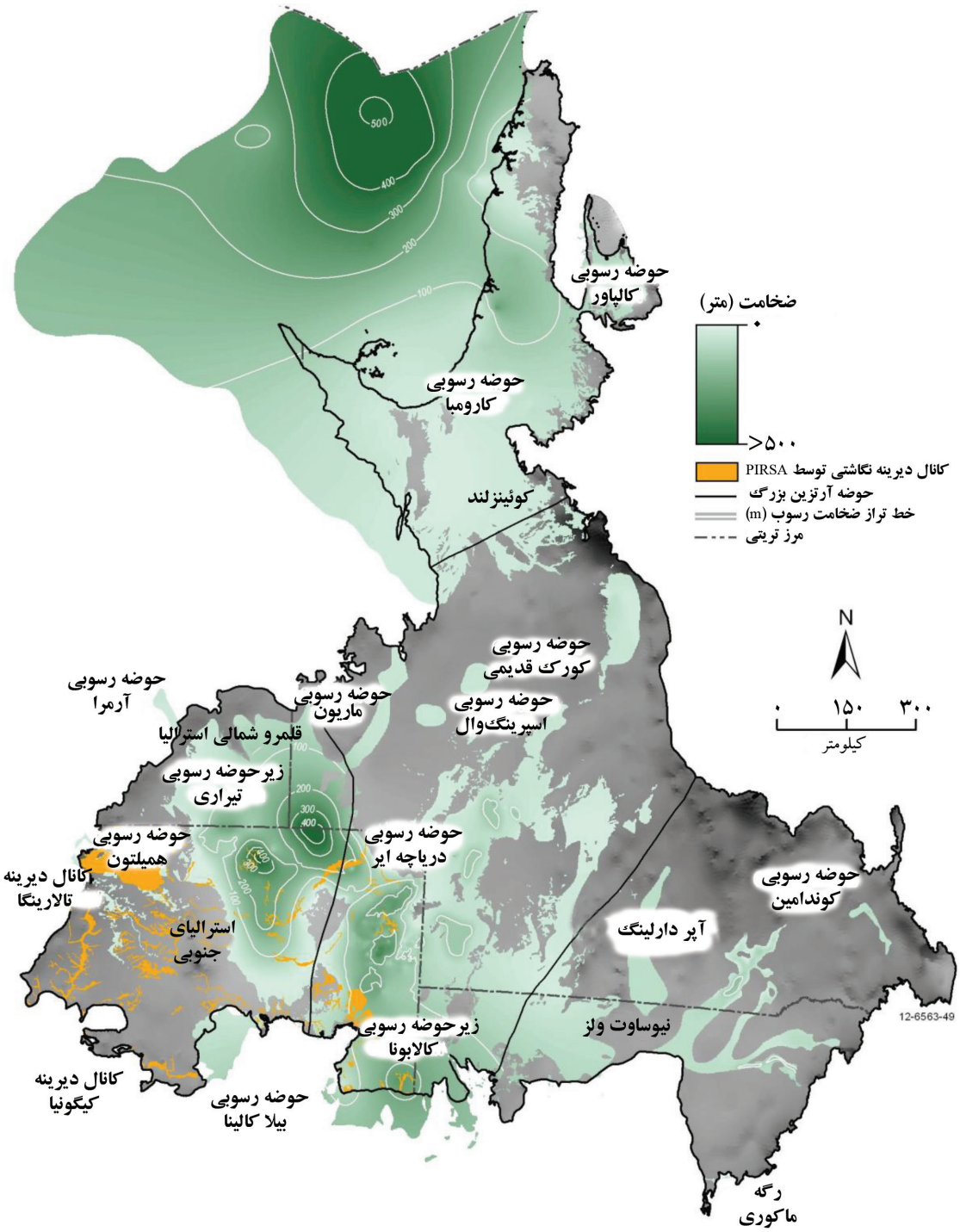
رسوبات دوره سنوزوئیک روی حوضه‌های رسوبی اورمانگا، سورات و کارپنتاریا را پوشانده‌اند و اگرچه گسترده هستند، ولی به دلیل فرسایش، ضخامت‌های متفاوتی دارند. چرخه‌های هوازدگی و بالاآمدگی پیاپی حاشیه شرقی حوضه آرتزین بزرگ باعث ایجاد شیب نامتقارن به سمت غرب این حوضه شده است که به شرایط آرتزین و جریان بین لایه‌ای به سمت غرب حوضه منتهی شده است. در نزدیکی منطقه بالا آمده شرقی، آبراهه‌ای عمیقاً گود شده است و رسوبات فرسایشی آن باعث ایجاد نهشته‌های سنوزوئیک رودهای فرعی آپر دارلینگ[3] و حوضه رسوبی کوندامین[4] شده‌اند. در اطراف حاشیه غربی دریاچه ایر، کانال‌های دیرینه[5] (آبراهه‌های قدیمی) گسترده‌ای شکل گرفته و نقشه آن‌ها توسط وزارت محیط زیست، آب و منابع طبیعی[6] استرالیای جنوبی تهیه شده است. کانال‌های دیرینه، بقایای کانال‌هایی هستند که جریان حاوی رسوبات نفوذپذیر را حمل و رسوب داده است و می‌توانند مسیرهای جریان آب زیرزمینی در سازندهای بالایی آبخوان کادنا–اووی – هورای و آبخوان‌های مشابه آنها را سبب شود. همچنین رسوبات سنوزوئیک

1. Kumbarilla Ridge
2. Kimba
3. Upper Darling
4. Condamine
5. Palaeo channels
6. Department of Environment, Water and Natural Resources

ضخیم موجب ایجاد آبخوان‌های منطقه‌ای در منطقه کارپنتاریا می‌شوند که با آبخوان‌های ژوراسیک-کرتاسه ارتباط دارند. در بعضی از نقاط، رسوبات سنوزوئیک، لایه پوشش‌دهنده دیگری در حوضه آرتزین بزرگ تشکیل می‌دهند.

عدم تقارن در بالاآمدگی سبب هوازدگی عمقی و انباشته‌شدن رسوبات در حوضه رسوبی عمقی‌تر در حوضه آبریز دریاچه ایر شده است. دریاچه ایر و حوضه‌های رسوبی کارومبا[1] (از دوره هولوسن تا دوره کرتاسه پسین) عمده‌ترین مراکز نهشت بیشینه با بیش از ۵۰۰ متر رسوب هستند و انتظار می‌رود که سیستم‌های محلی جریان آب زیرزمینی بیشتری را در حوضه آرتزین بزرگ دربرگیرند. در سراسر این حوضه، هوازدگی و ته‌نشست متفاوت موجب تشکیل تعدادی حوضه‌های رسوبی کوچکتر شده است که روی توالی ژوراسیک-کرتاسه قرار گرفته‌اند. این حوضه‌های رسوبی کم عمق‌تر، مبنای نهشته‌های آبرفتی و سیستم‌های آب زیرزمینی مربوطه را تشکیل می‌دهند که بر روی حوضه آرتزین بزرگ قرار گرفته‌اند.

1. Karumba



شکل ۳-۲: ضخامت رسوبات سنوزوئیک (فقط دوره‌های نئوژن و پالئوژن) در حوضه آرتزین بزرگ. امکان ارتباط عمودی بین حوضه آرتزین بزرگ و مناطق دارای پارینه کانال، بدون پوشش رسوبات سنوزوئیک وجود دارد. (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

۳-۳ افزایش شناخت نسبت به حوضه آرتزین بزرگ

در اواخر قرن نوزدهم تا شروع قرن بیستم به طور پیوسته شناخت بیشتری نسبت به زمین‌شناسی حوضه آرتزین بزرگ حاصل شد و همزمان، مفهوم یک سیستم آب‌زمین‌شناختی لایه‌ای ظهور یافت که حاوی آبخوان‌های ممتد و نسبتاً یکنواختی بود که در قسمت اعظم حوضه توسط لایه‌های ناتراوا از یکدیگر جدا شده بودند. طی اقدامات صورت گرفته جهت مدل‌سازی کمّی چنین سیستم ایده‌آلی از دهه ۱۹۷۰ به بعد (آدیبرت، ۱۹۷۶؛ سیدل، ۱۹۸۰؛ ولش، ۲۰۰۰)، مشخص شد که ویژگی‌های ساختاری و آبخوان به‌راحتی قابل پیش‌بینی نبودند. مفهوم جریان بین لایه‌ای در آبخوان‌های لایه‌ای در حوضه آرتزین بزرگ توسط مازور (۱۹۹۲) به چالش کشیده شد، هرچند کلت و همکاران (۱۹۹۳) تا حدی موفق شدند به این چالش پاسخ دهند. با این حال، این بررسی‌ها بر ضرورت ادامه مطالعات تکمیلی و درک بهتر سیستم تاکید داشتند.

تفسیر هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی آرتزین در سیستم (رادک و همکاران، ۲۰۰۰) نشان‌دهنده استان‌های مهم آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ بود که مناطقی با عمق بیش از ۱۰۰۰ متر و نزدیک به سکون آب بودند، در حالی که مناطق با عمق کمتر حاکی از جریان بین لایه‌ای آب زیرزمینیِ قابل اندازه‌گیری بودند (رادک و همکاران، ۲۰۰۰). به همین ترتیب، استحصال و برداشت مداوم موجب کاهش نرخ جریان در حوضه درون آبخوان کادنا–اووی–هورای شده بود که نشان می‌داد جریان بین لایه‌ای عمدتاً توسط نشت رو به بالا در توالی به دست آمده بود و تنها مؤلفه‌ای جزئی از آب‌های زیرزمینی کل حوضه را به منظور تخلیه حاشیه جنوب غربی پیموده بود (رادک و همکاران، ۲۰۰۰).

علاوه بر این، بر اساس مفهوم جریان بین لایه‌ای در آبخوان‌های لایه‌ای، ارتباط هیدرولیکی با حوضه‌های رسوبی زیرین و بالایی به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته بود.

اگرچه مفهوم ساده جریان بین لایه‌ای (از آبخوان‌ها و لایه‌های ناتراوا که توسط واحدهای سنگ‌چینه‌ای اصلی تعریف شده است) ممکن است در برخی نقاط حوضه آرتزین بزرگ قابل استفاده باشد، ولی پیچیدگی این حوضه را توصیف نمی‌کند. اغلب به راحتی نمی‌توان به تمایز بین آبخوان‌ها و لایه‌های ناتراوا بر اساس ویژگی‌های آب‌زمین‌شناختی آن‌ها پی برد. علاوه بر این، در توالی این حوضه از طریق جابجایی‌های گسل‌ها و گسلش چند ضلعی، تغییرات ساختاری جدی وجود دارد.

برای رفع برخی از این مشکلات، آب‌چینه‌شناسی توالی ژوراسیک–کرتاسه حوضه آرتزین بزرگ اصلاح شد تا بتوان ویژگی مربوط به انتقال تدریجی یا همپوشانی خواص هیدرولیکی بین برخی از آبخوان‌ها و لایه‌های ناتراوا را بهتر نشان داد. تعریف قبلی «آبخوان‌ها و لایه‌های ناتراوا» اکنون توسط پنج میان‌رده طبقه‌بندی شده‌اند: «آبخوان»، «نیمه آبخوان[1]»، «لایه‌های ناتراوا رخنه‌دار[2]»، «لایه‌های ناتراوا فشرده[3]» و «آبخوان نیمه‌تراوا[4]».

1. Partial aquifer aquiclude
2. Leaky aquitard
3. Tight aquitard
4. Aquiclude

اسمردون و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند علائم اختلال ساختاری در توالی حوضه آرتزین بزرگ از طریق گسلش منطقه‌ای، به وسیله جابجایی‌هایی مشخص می‌شود که تا ۴۰۰ متر نیز متغیر هستند. در حوضه رسوبی اروماناگای مرکزی، بزرگترین انطباق ساختاری از طریق گسلش و چین‌خوردگی روی داده است. وجود این اختلالات ساختاری احتمالاً بر جریان بین لایه‌ای آب‌های زیرزمینی در توالی حوضه آرتزین بزرگ تاثیر قابل توجهی خواهد گذاشت و همچنین باعث گسترش جریان عمودی خواهد شد. به منظور درون‌یابی سطوح پتانسیومتری منطقه‌ای آبخوان‌های کادنا–اووی–هورای از هر دو ویژگی قابلیت انتقال عمودی و مقاومت جانبی جریان آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود.

گسلش چندضلعی در توالی گروه رولینگ داونز حوضه رسوبی اروماناگا، پدیده‌ای فراگیر است. در این استان و همچنین در جنوب حوضه رسوبی کارپنتاریا، گسلش چندضلعی درون سازندی کل لایه‌های ناتراوای گروه رولینگ داونز را فرا گرفته و می‌تواند از طریق آبخوان وینتون– ماکوندا[1] تا روی سطح گسترش یابد. با وجود اینکه جابجایی‌های ناشی از گسلش چندضلعی نسبتاً کوچک هستند، ولی فراگیری این پدیده باعث افزایش قابل توجه نفوذپذیری عمودی شده و از این رو، اثربخشی لایه‌های ناتراوای در نواحی گسل‌دار کاهش می‌یابد.

۳-۳-۱ گسلش در حوضه آرتزین بزرگ

نیروهای زمین‌شناختی قابل توجهی باعث چین‌خوردگی و خردشدگی لایه‌بندی رسوبات در حوضه آرتزین بزرگ شده‌اند. تنش‌های در مقیاس قاره‌ای و حرکت مناطق وسیعی از زمین– که به عنوان فعالیت تکتونیکی نامیده می‌شوند– منجر به فعال‌سازی مجدد گسل‌هایی شده است که از قبل در پی سنگ‌های زیر این حوضه وجود داشته‌اند.

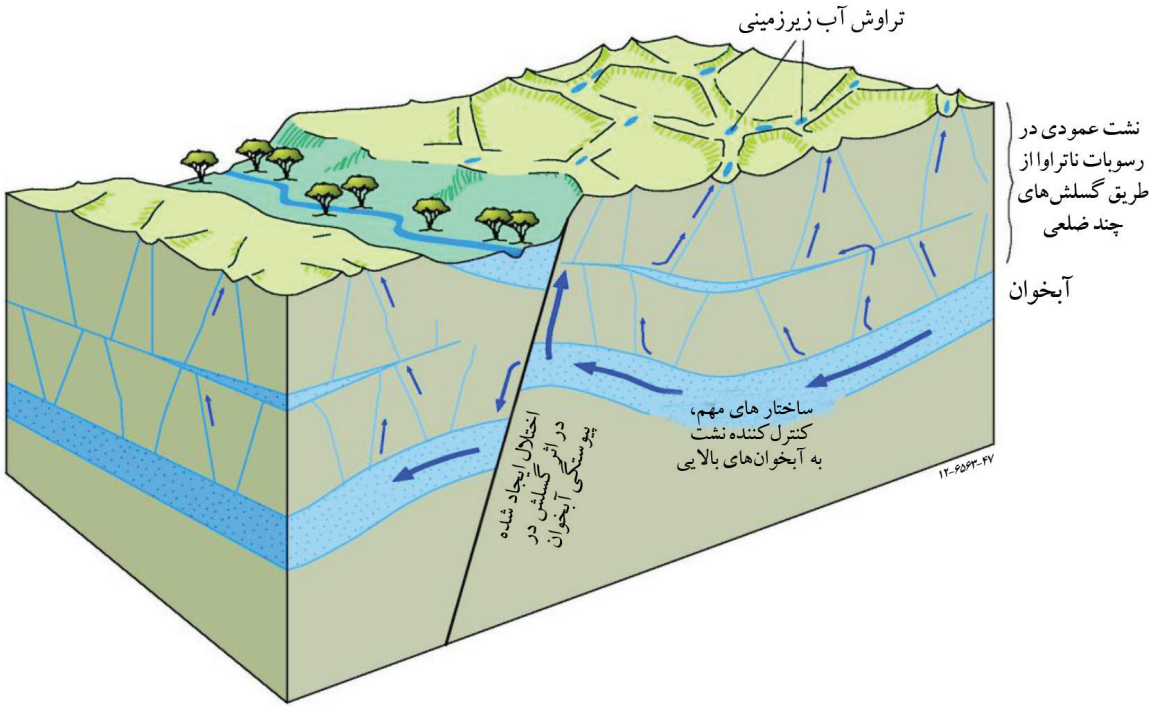
این فعالیت تکتونیکی، چینه‌بندی (لایه‌بندی) را تغییر محل داده و افق‌های اصلی آبخوان آرتزین حوضه مرکزی اروماناگا را به لحاظ ساختاری متحول کرده است. مقیاس جابه‌جایی‌های گسل‌های تکتونیکی را می‌توان در عدم تداوم آبخوان‌های محلی درون حوضه رسوبی اروماناگای مرکزی مشاهده کرد. در مواردی که یک آبخوان در طول یک گسل دچار یک جابجایی بزرگ می‌شود ارتباط خود را از دست می‌دهد جریان آب زیرزمینی جانبی در آبخوان با مانع روبرو می‌شود. در بعضی از نقاط، این گسل ممکن است در بسیاری از لایه‌ها گسترش یابد و به طور بالقوه یک مجرای عمودی آب‌های زیرزمینی را ایجاد می‌کند که به سمت بالا و آبخوان‌های بالایی و سطحی (شکل ۳-۳) جریان می‌یابند.

تأثیر گسل‌های منطقه بر جریان آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ به طور کامل شناخته نشده است. با توجه به دگرشکلی گسترده در بخش مرکزی این حوضه، گسل‌ها به عنوان یک مانع جدی برای جریان آب زیرزمینی منطقه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. در مکان‌هایی که در اثر گسل‌های منطقه‌ای موانعی برای جریان آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شود، تغییرات غیرمنتظره‌ای در سطح آب‌های زیرزمینی در نتیجه توسعه ذخیره و یا تخلیه آب‌های زیرزمینی رخ دهد.

علاوه بر گسل‌ها، یک سبک متفاوت گسلش نیز موجب اختلال در گروه رولینگ داونز شده است– یک توالی ضخیم از لایه‌های ناتراوا و نیمه‌آبخوان‌ها که روی آبخوان کادنا–اووی–هورای و آبخوان‌های مشابه آن قرار دارد. با توجه به گسلش چندضلعی، این سبک گسلش ثانویه دارای نمود سطحی متمایزی از مناطق شکل گرفته چندضلعی

1. Winton-Mackunda

گسسته می‌باشد (شکل ۳-۳). گسل‌های چندضلعی منحصر به سازندهای غنی از خاک رس نظیر گسل‌های چندضلعی در گروه رولینگ داونز هستند و این گسلش ناشی از گسترش جانبی می‌باشد. گسل‌های چندضلعی نیز مجراهای بالقوه‌ای را برای نشت رو به بالا از آبخوان آرتزین کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه آن ایجاد می‌کنند. گسل‌های منطقه‌ای در آبخوان‌های این حوضه و گسل‌های چندضلعی در لایه‌های ناتراوای این حوضه بر روی الگوهای جریان آب‌های زیرزمینی و همچنین میزان تخلیه حوضه ناشی از نشت و نفوذ تأثیر می‌گذارند. این امر نیز ممکن است در تغییرات بیلان آب (تغذیه و تخلیه) برای آبخوان حوضه آرتزین بزرگ نقش مهمی داشته باشد.



شکل ۳-۳: نشت عمودی آب‌های زیرزمینی از طریق گسلش ناشی از تکتونیک ناحیه‌ای و گسل‌های چندضلعی (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

۳-۳-۲ برهم‌کنش بین آبخوان‌های واقع در حوضه آرتزین بزرگ و سطح ایستابی

با ترسیم سطح ایستابی منطقه‌ای می‌توان به برهم کنش بین سیستم آب‌های زیرزمینی کم‌عمق و آبخوان‌های واقع در حوضه آرتزین بزرگ پی برد. این امر شامل شناسایی تلفات جریان از سیستم و وجود تغذیه درون حوضه‌ای در سطح ایستابی آبخوان است که با رخنمون‌های سازندهای وینتون و ماکواندا در حوضه رسوبی اورومانگا و سازند گریمان کریک[1] در حوضه رسوبی سورات منطبق است.

بررسی نقشه سطح ایستابی تهیه شده با استفاده از سنجش از راه دور حاکی از گستردگی و پهن‌شدن قسمت‌هایی از رودخانه در غرب کوئینزلند[2] است که دارای پوشش گیاهی کرانه‌ای خوبی است و آب را از یک منبع دائمی به غیر از بارندگی، دریافت می‌کند. این پهن‌شدگی و گستردگی قسمت‌هایی از رودخانه به عنوان زهکش برای سطح ایستابی آب عمل می‌کند و با تورفتگی مشخصی از سطح ایستابی حول محور رودخانه مشخص می‌شود. اتلاف جریان ناشی از تبخیر و تعرق توسط پوشش گیاهی کرانه‌ای در حوضه رسوبی اورومانگا و غرب حوضه رسوبی سورات برابر با ۶۵ میلیون مترمکعب در سال محاسبه شده است که متجاوز از تخلیه کل چشمه‌های حوضه‌های رسوبی سورات و اورومانگا است. اگر چه منبع جریان آب‌های زیرزمینی به این رودخانه‌ها فرضی و احتمالی است، اما با استفاده از دو ساز و کار می‌توان علت چنین جریان‌هایی را توضیح داد: جریان آب زیرزمینی ناشی از تغذیه محلی در سطح ایستابی آبخوان‌های سازندهای وینتون و ماکواندا، یا نشت رو به بالا از آبخوان‌های آرتزین زیرین در امتداد ساختارهای اصلی که منطبق با این قسمت‌های رودخانه می‌باشند.

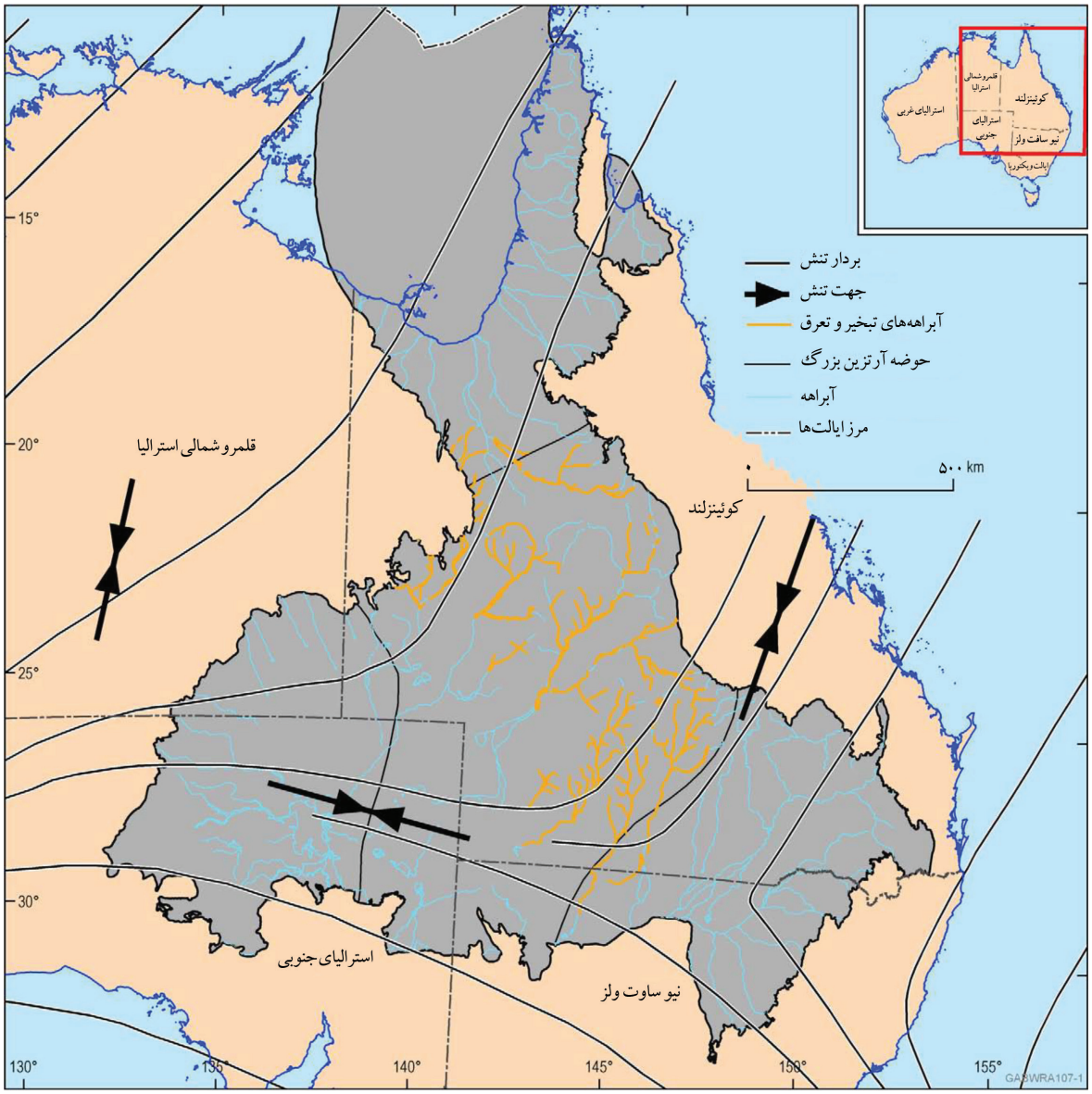
پدیده اتلاف آب‌های زیرزمینی منطقه‌ای ابتدا توسط نقشه سطح ایستابی آدیبرت[3] (۱۹۷۶) نشان داده شد (که بعدها توسط هابرمل (۱۹۸۰) منتشر شد). آدیبرت (۱۹۷۶) اظهار داشت شباهت قابل توجهی بین تأثیر سه خط زهکش برجسته- کم و بیش موازی- (رودخانه‌های دیامانتیا[4]، کوپر کریک و بولو[5]) در سطح ایستابی و همچنین سطوح پتانسیومتری آبخوان‌های آرتزین CA1 و CA2 وجود دارد. آدیبرت (۱۹۷۶) چنین فرض کرد که نشت رو به بالا در امتداد ساختارهای اصلی می‌توانند علت چنین الگوهایی باشند و اشاره کرد که دره‌های سه رودخانه با خطواره‌های ساختاری منطبق شده‌اند که احتمالاً مسیرهای نشت عمودی بهتری را فراهم می‌کنند (شکل ۳-۴).

شواهد غیر مستقیم دیگری وجود دارند که به نشت رو به بالا از آبخوان‌های آرتزین در امتداد ساختارهای اصلی اشاره دارند که از جهت تنش سطحی تبعیت می‌کنند (هیلیس و رینولدز، ۲۰۰۰). بردارهای تنش سطحی شمال شرقی تا جنوب غربی در قسمت شمال شرقی حوضه رسوبی اورومانگا موازیِ جهت آبراهه‌ی اصلی است که نشان می‌دهد بر اساس نیروهای کششی عمود بر این بردارها می‌توان علت هر ویژگی ساختاری که در تلاقی با این قسمتهای رودخانه هستند را شرح داد. به‌علاوه، نیروهای کششی عمود بر این بردارها باعث می‌شوند نشت عمودی از آبخوان‌های زیرین به سطح ایستابی برسند.

رانسلی و اسمردون (۲۰۱۲) بر این باورند که در بعضی موارد که آب‌های زیرزمینی، سطوح ایستابی کم‌عمقی را در

1. Griman Creek
2. Queensland
3. Audibert
4. Diamantina
5. Diamantina, Cooper Creek and Bulloo Rivers

زیر رودخانه‌ها ایجاد می‌کنند، به نظر می‌رسد که از جریان رو به بالای آبخوان هورای نشأت گرفته‌اند. سطوح ایستابی کم‌عمق در زیر رودخانه پورو پایین از طریق تخلیه زیرسطحی چشمه‌های یولو ایجاد می‌شوند که توسط آبخوان هورای تغذیه می‌شوند.



شکل ۳-۴: تطابق بردارهای تنش سطحی (پس از هیلیس و رینولدز، ۲۰۰۰) و گستره‌های رودخانه با تلفات بالای تبخیر و تعرق (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

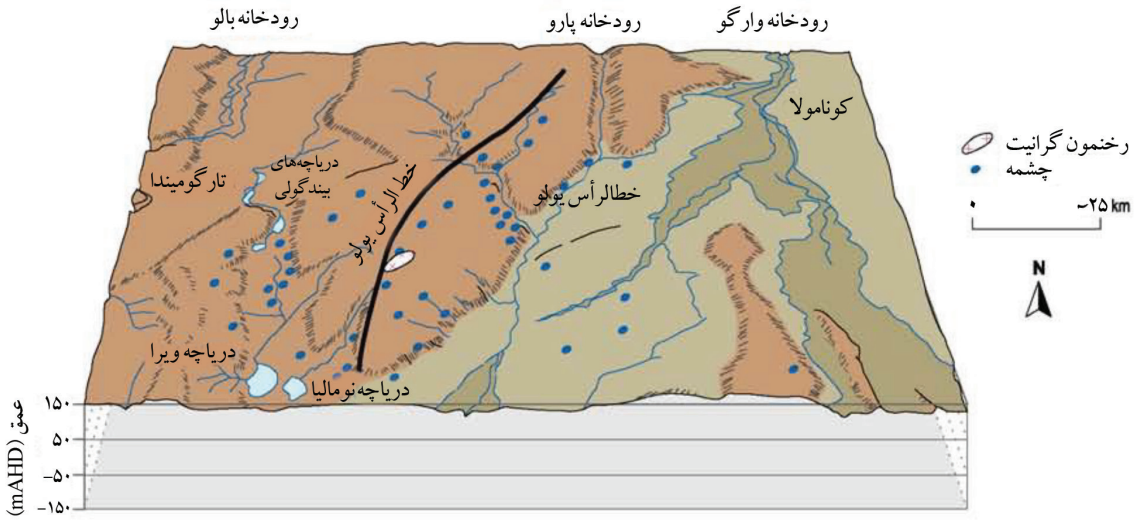
علاوه بر این، رودخانه تامسون[1] در نزدیکی لانگریچ[2] نیز احتمالاً توسط نشت رو به بالای آبخوان هورای تغذیه می‌شود و کاهش فشار نامعلوم در سطح فشار هورای در آن مکان علت این امر به شمار می‌آید. ممکن است قسمت‌های دیگر رودخانه‌ها با مسیر شمال شرقی–جنوب غربی وجود داشته باشند که در آنها سطوح ایستابی کم‌عمق (و تلفات تبخیر و تعرق) از طریق جریان رو به بالا تغذیه می‌شوند، اما هیچ شواهدی دال بر وجود و یا عدم وجود آنها موجود نیست. رانسلی و اسمردون (۲۰۱۲) به طور قابل قبولی یقین دارند که سطوح ایستابی کم‌عمق در زیر رودخانه‌های دیامانتینای فوقانی، فلیندرز[3] و بارکو[4] دارای مؤلفه نشت عمودی رو به بالا نیستند، زیرا این جریان‌ها در جهت‌های تنش اصلی قطع می‌شوند.

هدررفت آب‌های زیرزمینی منطقه‌ای قابل توجهی نیز در شمال شرق حوضه رسوبی سورات در هر دو دره رودخانه داوسون و حوضه رسوبی مالگیلاید رخ می‌دهد، هرچند نسبت به اتلاف آب در بخش مرکزی حوضه رسوبی ارومانگا و غرب حوضه رسوبی سورات کمتر است. در هر دو منطقه، دره‌های رودخانه‌ایِ با آبراهه‌های عمیق باعث زهکشی آب‌های زیرزمینی از لایه‌های آبدار به ویژه از آبخوان ماسه‌سنگی هاتون[5] می‌شوند. در دره رودخانه داوسون در حوضه آرتزین بزرگ، اتلاف آب‌های زیرزمینی از آبخوان‌ها به میزان ۸/۶ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است که برای کاهش سطح پتانسیومتری منطقه‌ای آبخوان ماسه‌سنگی هاتون کافی است تا جریان آب‌های زیرزمینی را به شمال و شمال شرق منتقل کند. این ویژگی سطح ایستابی با نظر یاکوبسون و لائو (۱۹۸۷) و هاجکینسون و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد که نقشه یک جریان مشابه رو به شمال آب‌های زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ در حوضه رسوبی سورات را تهیه کرده‌اند. اتلاف جریان آب زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ به سمت شمال در حوضه رسوبی مالگیلاید و رودخانه برنت[6] برابر با ۳/۹ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده شده است. بیشتر این اتلاف جریان از آبخوان ماسه‌سنگی هاتون نشأت می‌گیرد.

بر اساس ویژگی‌های دقیق دیگری که در نقشه‌های سطح ایستابی مشهود است، می‌توان نسبت به فرآیندهای آب‌زمین‌شناختی محلی که در مطالعه اسمردون و همکاران (۲۰۱۲) به آن پرداخته شده است، شناخت بیشتری پیدا کرد.

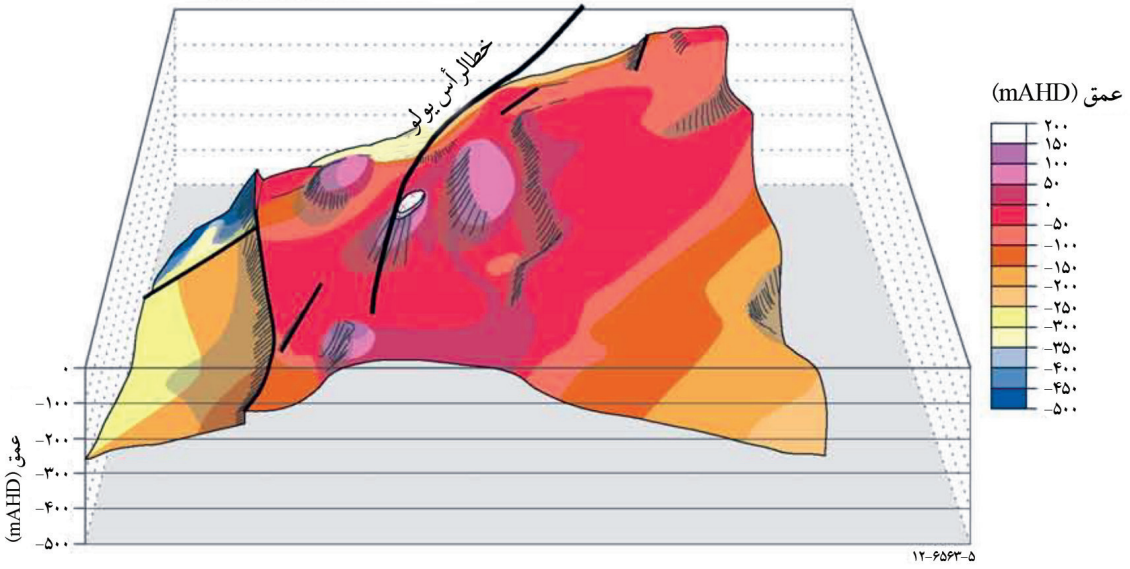
در مرز غربی حوضه رسوبی سورات، نقشه سطح ایستابی نشان می‌دهد که خط‌الرأس یولو و گستره زیرسطحی آن به سمت جنوب غرب در نیو ساوت ولز شبیه بخش سطح ایستابی هستند که حوضه‌های رسوبی سورات و ارومانگا را از هم جدا می‌کند (شکل ۳–۵الف و ب). با این حال، اگرچه خط‌الرأس‌های یولو و نبین از جریان آب زیرزمینی بین حوضه‌های رسوبی سورات و ارومانگا در آبخوان‌های عمیق‌ترِ حوضه آرتزین بزرگ جلوگیری می‌کنند، ولی سطح پتانسیومتری آبخوان کم‌عمق‌تر کادنا–اووی–هورای حاکی از همگرایی جریان آب زیرزمینی جنوب غربی به جنوب خط‌الرأس یولو است.

1. Thomson
2. Longreach
3. Flinders
4. Barcoo
5. Hutton
6. Burnett

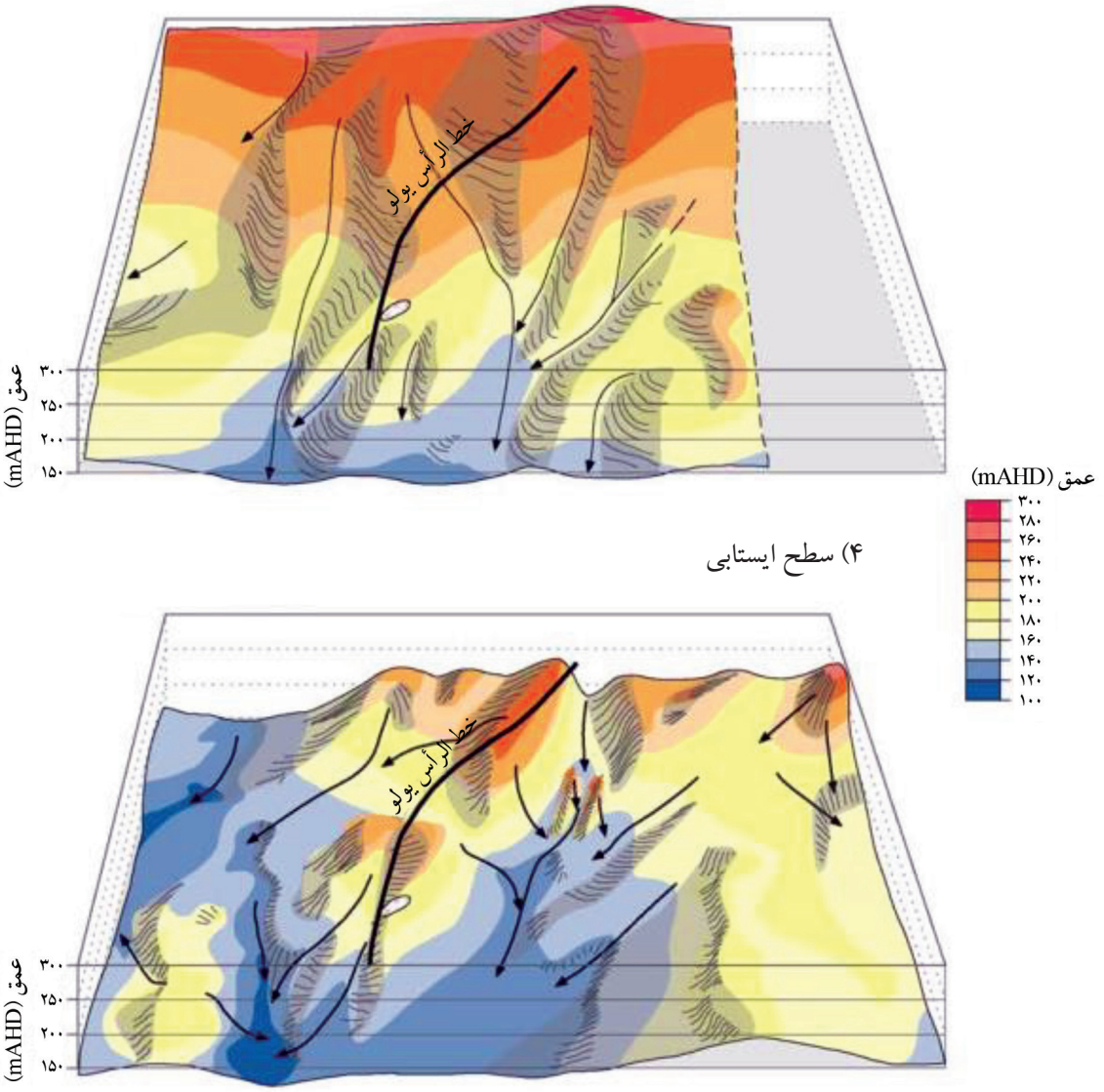


شکل ۳-۵ (الف): توپوگرافی، ساختار و سطح پتانسیومتری آب زیرزمینی خطالرأس یولو؛ شکل (۱) توپوگرافی سطحی منطقه با چشمه‌ها، محور ساختاری خطالرأس و تخلیه سطحی در شوره‌زار (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

۲) سطح بالایی ماسه سنگ هورای



۳) سطح پتانسیومتری آبخوان کادنا-اووی-هورای



شکل ۳-۵ ب: توپوگرافی، ساختار و سطح پتانسیومتری آب زیرزمینی خط‌الرأس یولو؛ شکل (۲) ساختار سطح بالایی ماسه‌سنگ هورای در زیر خط‌الرأس یولو؛ شکل (۳) سطح پتانسیومتری آبخوان ماسه‌سنگی هورای و جهت‌های جریان آب زیرزمینی مذکور؛ شکل (۴) سطح ایستابی پتانسیومتری و جریان آب زیرزمینیِ نشان داده شده (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

در غرب حوضه رسوبی اروماناگا، نقشه سطح ایستابی نشان می‌دهد که جریان لایه زیرین رودخانه فینک[1] در تخلیه آب‌های زیرزمینی در چشمه‌های دالهاوزی[2] نقش قابل توجهی ایفا می‌کند. این برهم‌کنش را می‌توان عملاً به صورت یک سیستم کانال[3] با تغذیه سریع آب‌های زیرزمینی در هنگام سیلاب در زیر رودخانه فینک تصور کرد که منجر به جریان آب‌های زیرزمینی کم‌عمق به سمت جنوب شرقی شده و در نهایت در چشمه‌های دالهاوزی تخلیه می‌شود. تلاقی این چشمه‌ها با روند ساختاری رو به شمال–شمال شرقی مک دیلز–مِی هیو[4] نشان می‌دهد که این ساختار به طور ضمنی در تغییر جهت آب‌های زیرزمینی نزدیک سطح زمین به سمت جنوب به طرف چشمه‌های دالهاوزی نقش بازی می‌کند. تقریباً نیمی از تخلیه صورت گرفته در چشمه‌های دالهاوزی را می‌توان به تغذیه از رودخانه فینک و سایر رودخانه‌های دارای چرخه عمیق جریان آب زیرزمینی نسبت داد.

در امتداد مرز شمال غربی حوضه رسوبی اروماناگا (جنوب غربی بولیا[5]) سطح ایستابی نشان‌دهنده سیستمی است که یا از خارج از حوضه رسوبی و یا اینکه به صورت محلی تغذیه می‌شود. این مفهوم با تفاسیر هابرمهل (۱۹۸۰) و هابرمهل و لائو (۱۹۹۷) همخوانی ندارد که این منطقه را به عنوان یکی از جریان‌های خروجی آب زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ به حوضه رسوبی جورجینا[6] در نظر گرفته‌اند.

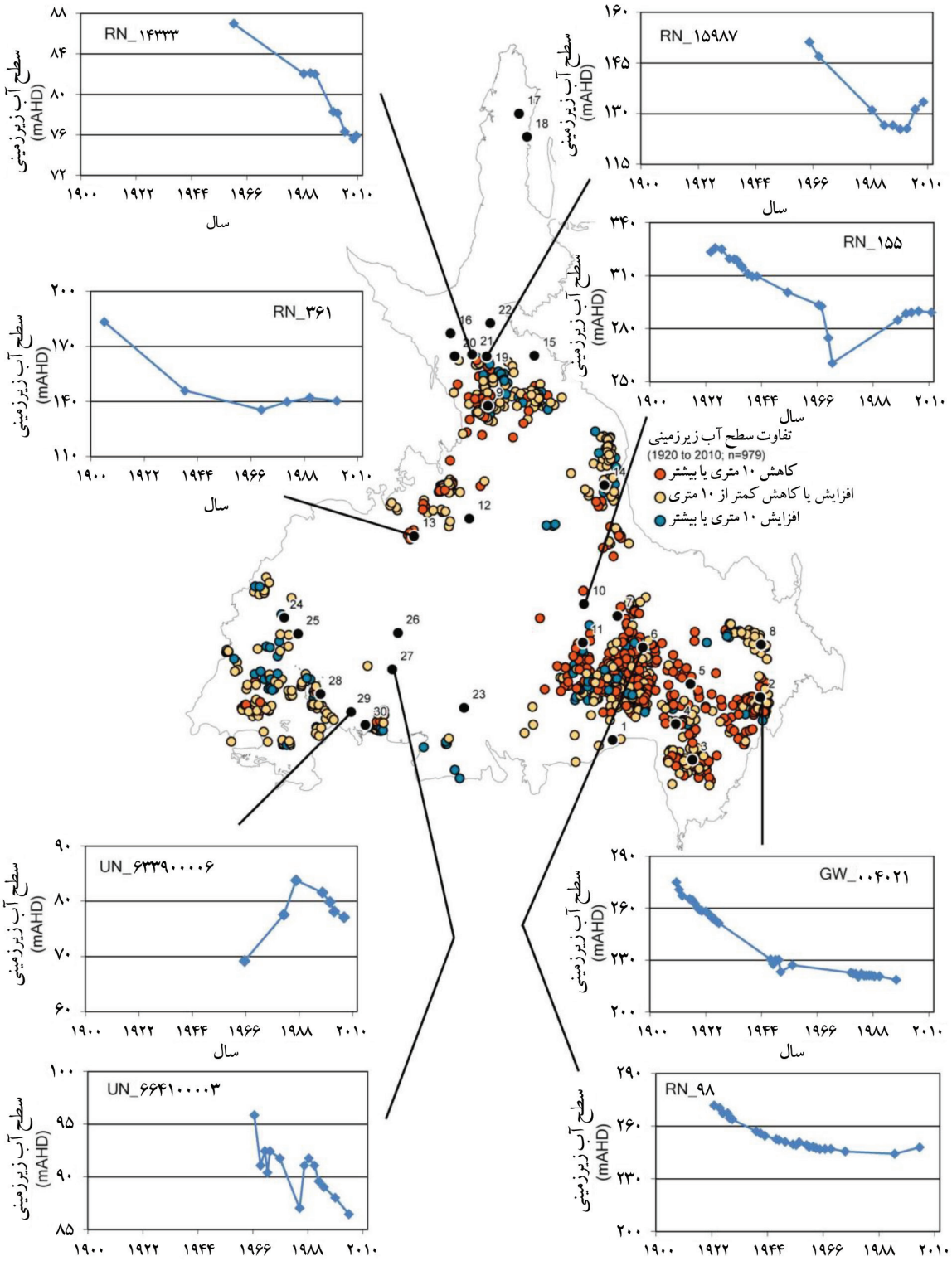
برآمدگی سطح ایستابی روی گنبدهای ساختاری اصلی شامل گنبد گاسون[7] و گنبد اینامینکا[8] را می‌توان بر اساس ساز و کارهای متفاوتی توضیح داد: تغذیه محلی یا نشت رو به بالا از آبخوان‌های آرتزین از طریق شکستگی‌هایی که لازمه دگرشکلی ساختاری این شکستگی هستند. در گنبد اینامینکا، آب زیرزمینی با محور ساختار در تلاقی است و به احتمال زیاد نشانگر یک تغذیه محلی است که از افزایش تغذیه از طریق شکستگی‌ها در داخل سازند وینتون منشأ گرفته است. در مقابل، برآمدگی سطح ایستابی بخش فوقانی گنبد گاسون، به عنوان مشخصه تخلیه آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود که توسط نشت رو به بالا از آبخوان‌های زیرین تلقی می‌شود. شواهد این ساز و کار جایگزینی عبارتند از: وجود ویژگی‌های تخلیه سطحی بیشمار در روی گنبد و اطراف آن؛ انحراف آب‌های زیرزمینی به سمت توپوگرافی سطحی (انتظار می‌رود که در صورت انجام تغذیه محلی، بالای گنبد گاسون، سطح ایستابی با همدیگر در تلاقی باشند)؛ و گستره‌ای از رودخانه واربورتون[9] به سمت شمال غربی که در آن تبخیر و تعرق نسبتاً بالا حاکی از نشت آب زیرزمینی رو به بالا می‌باشد. علاوه بر این، گنبد گاسون توسط یک پوشش ضخیم از توالی حوضه رسوبی دریاچه ایر در بر گرفته شده است. در این منطقه در خط‌الرأس بردزویل تراک، تجمع نفت در برخی از گنبدهای درون ماسه‌سنگ نامور[10] (آبخوان کادنا–اووی–هورای) به نشتی رو به بالا از حوضه رسوبی زیرین کوپر نسبت داده می‌شود (رادک، ۲۰۰۹).

---

1. Finke
2. Dalhousie
3. یک سیستم متشکل از لوله‌ها و سطل‌ها برای منتشر کردن آب
4. McDills-Mayhew
5. Boulia
6. Georgina
7. Gason
8. Innamincka
9. Warburton
10. Namur

برای اینکه امکان برهم کنش بین سیستم آب‌های زیرزمینی کم‌عمق و آبخوان‌های حوضه آرتزین بزرگ را بتوان بیشتر توضیح داد، سطح پتانسیومتری جدید با سطح ایستابی قدیمی مقایسه شدند. در مواردی که سطح آب‌های زیرزمینی در آبخوان کادنا–اووی–هورای و آبخوان‌های مشابه بیشتر از سطح ایستابی هستند، امکان نشت عمودی رو به بالا وجود دارد. در مواردی که سطح آب‌های زیرزمینی در آبخوان کادنا–اووی–هورای و آبخوان‌های مشابه کمتر از سطح ایستابی قبلی هستند، امکان نشت عمودی رو به پایین وجود دارد (شکل ۳–۶). بر اساس این نقشه‌ها می‌توان شواهد غیرمستقیم دیگری در ارتباط با رابطه عمودی لایه ارائه کرد. به علاوه، نقشه مذکور برای اثبات ارتباط عمودی مستلزم مقایسه بیشتر با برش‌های عمودی فراز هیدرولیکی در مکان‌های کلیدی اندازه‌گیری شده و همچنین مقایسه بیشتر آن با هیدروشیمی است.

برآمدگی سطح آب زیرزمینی محلی در سطح ایستابی نشان‌دهنده تغذیه درون حوضه‌ای در سطح ایستابی می‌باشد. به طور کلی، برآمدگی آبخوان با مناطق رخنمون سازندهای وینتون و ماکوندا در حوضه رسوبی اورمانگا و سازند گریمان کریک در حوضه رسوبی سورات انطباق دارند. برآمدگی سطح ایستابی در حوضه رسوبی سورات به اندازه برآمدگی سطح ایستابی در حوضه رسوبی اورمانگا شناخته‌شده نیستند.



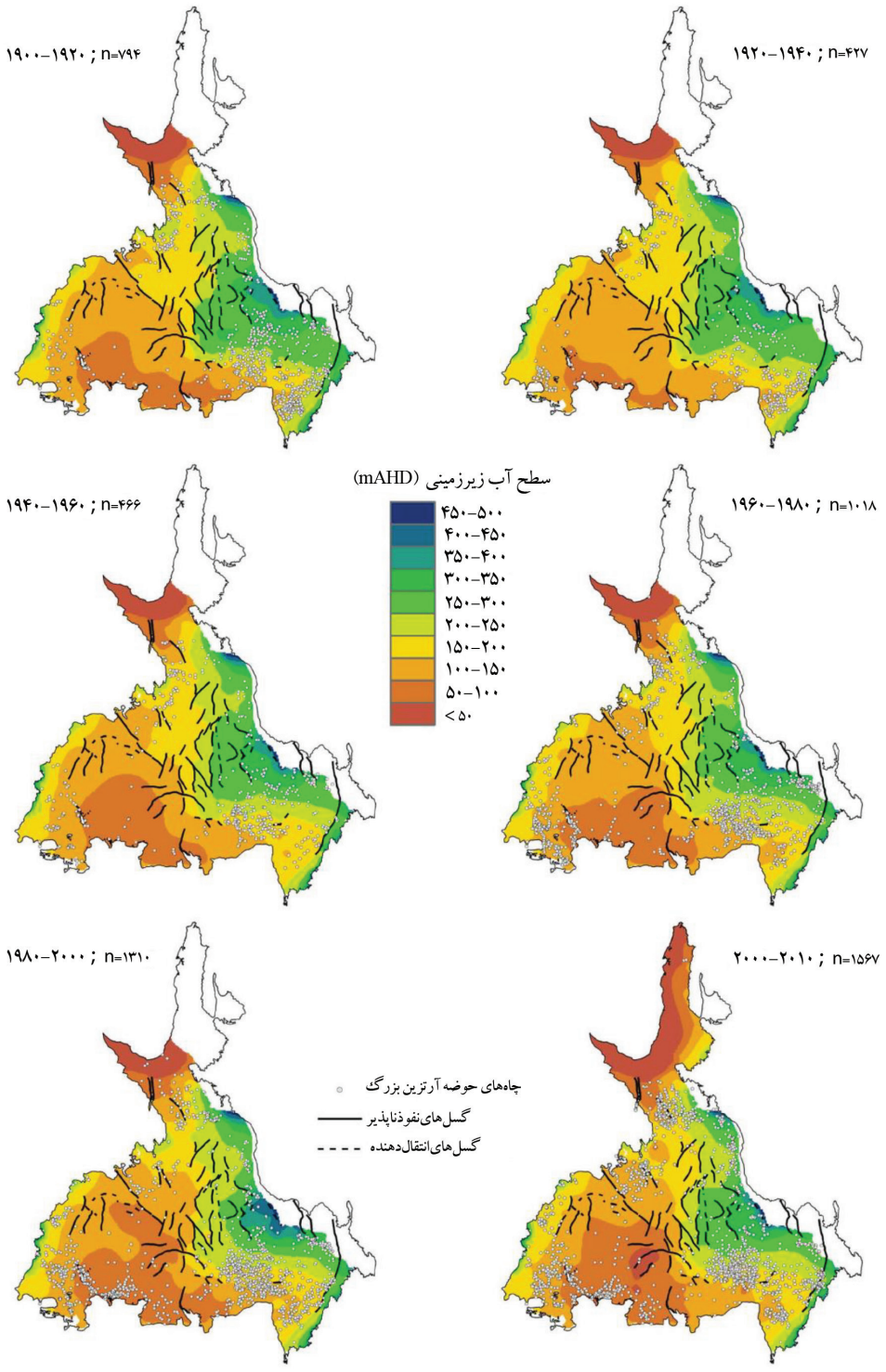
شکل ۳-۶: هیدروگراف‌های انتخابی نشانگر تفاوت سطح آب‌های زیرزمینی بین مرحله پیش‌توسعه و مرحله کنونی هستند. (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۳-۲-۱ الگوهای جریان منطقه‌ای در آبخوان‌های واقع در حوضه آرتزین بزرگ

آبخوان‌های آرتزین دوره‌های ژوراسیک پیشین تا کرتاسه پسین به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اندازه‌گیری فشار آب زیرزمینی آرتزین در حوضه آرتزین بزرگ در اوایل دهه ۱۹۰۰ آغاز شد و برای تهیه نقشه‌های سطح پتانسیومتری و نشان‌دادن سطح پتانسیومتری آبخوان‌های خاص در سال‌های بخصوص یا فواصل زمانی خاص در بررسی‌های گستره حوضه به کار گرفته شدند. در این بررسی، داده‌های سطح آب زیرزمینی برای تجزیه و تحلیل شرایط تاریخی آب زیرزمینی در پنج بازه ۲۰ ساله از سال ۱۹۰۰ تا سال ۲۰۰۰ و دهه اخیر (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰) مقایسه شده‌اند. نقشه‌ها در شکل ۳-۷ نشان داده شده‌اند و با توجه به وجود گسل‌های منطقه‌ای، درون‌یابی شده‌اند. در مواردی که یک گسل موجب ایجاد انحراف عمودی در آبخوان کادنا-اووی-هورای و سازندهای مشابه آن شده است، به نظر می‌رسد که گسل به عنوان مانعی برای جریان آب‌های زیرزمینی عمل کرده است.

بر اساس روندهای هیدروشیمیایی (بخش ۴-۵) به طور کلی می‌توان تفسیر هیدرودینامیکی را تأیید کرده و تفکیک فضایی در حوضه آرتزین بزرگ را نشان داد. البته، در مقیاس‌های فضایی که بیشتر با منطقه آب‌زمین‌شناختی مورد نظر همسو هستند، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است. با توجه به گسل‌های منطقه‌ای شاید بتوان علت تغییرات غلظت یونی در این حوضه را توضیح داد، اگرچه این کار نیاز به تحقیق بیشتری دارد. گسل تومبا[1] به نظر می‌رسد که گسیختگی قابل توجهی در جریان آب‌های زیرزمینی ایجاد کرده و موجب جریان بالارونده و تخلیه در این منطقه می‌شود. در شرق، گسل گوندیویندی[2] شکست متمایزی را در حاشیه شرقی حوضه رسوبی سورات با حداقل جریان از شرق و بیشترین تغذیه از شمال نشان می‌دهد. توزیع عناصر نشان‌دهنده نقاط تمرکز نشت عمودی می‌باشند که نظیر مناطق ضعیف پوسته‌ای مرتبط با گسل‌ها و ارتفاع پی‌سنگها می‌باشند. غلظت فلوراید بیانگر ارتباط قوی با گرانیت‌های عمیق شناخته‌شده می‌باشد.

1. Toomba
2. Goondiwindi



شکل ۳–۷: نقشه‌های سطح آب‌های زیرزمینی برای آبخوان کاندا–اووی–هورای و آبخوان‌های مشابه در حوضه آرتزین بزرگ از زمان آغاز توسعه آب‌های زیرزمینی. نکته: جدیدترین نقشه (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰) شامل نتایج مدل‌سازی آبخوان‌های مشابه در منطقه کیپ یورک می‌باشند که برای اندازه‌گیری سطح آب‌های زیرزمینی این منطقه به همان صورتی که برای سایر بخش‌های این حوضه رسوبی اندازه‌گیری شده بود، داده کافی موجود نیست (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

فصل چهارم:

آب‌زمین‌شناختی

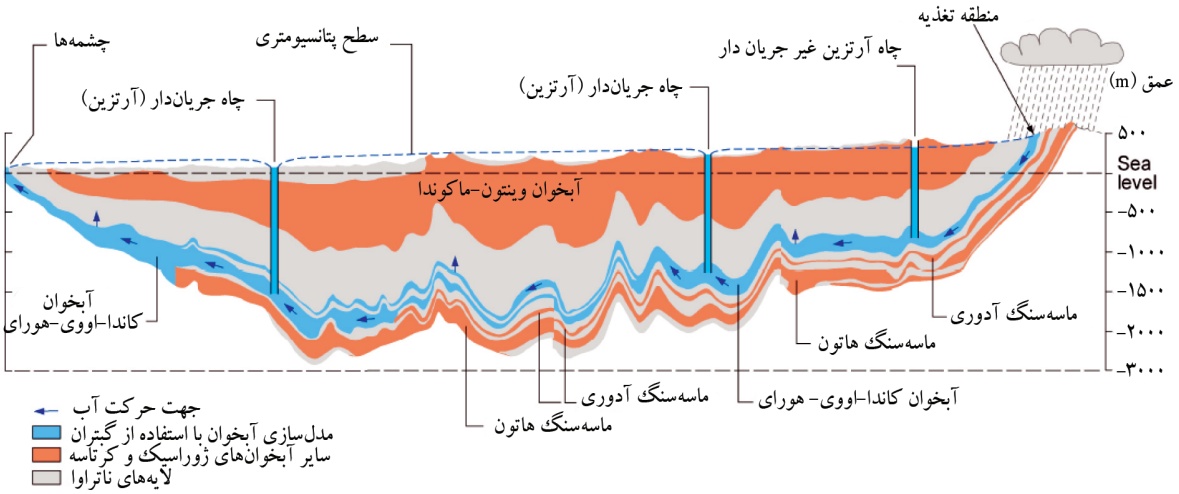
حوضه آرتزین بزرگ یک سیستم آب‌زمین‌شناختی پیچیده است. این حوضه شامل یک سیستم آبخوان چندلایه‌ای است که توسط لایه‌های ناتراوا و آبخوان‌های نیمه‌تراوا جدا شده و در مجموعه‌ای از زیرحوضه‌ها امتداد یافته است.

اکثر آبخوان‌های منفرد به لحاظ مکانی از نظر ویژگی‌های آب‌زمین‌شناختی خود به نسبت یکسان و پیوسته بوده و از نظر هیدرولیکی در حوضه‌های زمین‌شناختی ساختاری خود به همدیگر متصل می‌باشند.

آبخوان‌های اصلی در این حوضه شامل ماسه‌سنگ‌های آدوری[1]، هاتون[2] و هورای و سازند کادنا–اووی و موارد مشابه آنها می‌باشند (شکل ۴–۱).

پی‌سنگ آب‌زمین‌شناختی از سنگهای رسوبی، سنگ‌های دگرگونی یا سنگ‌های آذرین تشکیل شده است. این پی‌سنگ تا حدی یک لایه ناتراوا را تشکیل می‌دهد.

ژئومتری و آب‌چینه‌شناختی آبخوان‌ها بر اساس لاگ‌های حفاری و لاگ‌های چاه‌پیمایی و همچنین بر اساس پروفیل‌های لرزه‌نگاری گسترده در حوضه آرتزین بزرگ، برای درصد قابل توجهی از ۴۷۰۰ عدد چاه آرتزین جریان‌دار، ۳۰۰۰۰ چاه آرتزین غیرجریانی و ۳۵۰۰ چاه نفت اکتشافی تعیین شده است.



شکل ۴–۱: نمودار شماتیک آبخوان‌های اصلی حوضه آرتزین بزرگ.

1. Adori
2. Hutton

۴-۱ مشخصات هیدرولیکی

با توجه به آزمایشات صورت گرفته بر روی چاه‌های آرتزین جریان‌دار و اطلاعات حاصل از نمونه‌های سنگ‌ها و لاگ‌های حفاری برای چاه‌های اکتشافی نفت در بسیاری از مناطق در طول ۵۰ سال اخیر، ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان تحت فشار از زمان توسعه اولیه حوضه آرتزین بزرگ تعیین شده است.

مقادیر رسانایی هیدرولیکی از ۰/۱ تا ۱۰ متر در روز (m/d) متفاوت هستند: اکثر آنها در طیف پایین این محدوده قرار دارند و عمدتاً به سازند کادنا–اووی و ماسه‌سنگ‌های هورای و آبخوان‌های مشابه آنها مربوط می‌شوند (هابرمهل، ۱۹۸۰).

مقادیر قابلیت انتقال بر اساس آزمایش‌های نظام‌مند دوره‌ای توسط مقامات مختلف دولتی سازمان آب در حدود ۱۰ متر مربع در روز (m^2/d) تا ۲۰۰۰ متر مربع در روز تعیین شده‌اند. ضرایب ذخیره از داده‌های نمودار چاه نفت و به طور مستقل از آزمایش چاه‌ها بین 1×10^{-4} الی 1×10^{-5} محاسبه شده است. میزان نفوذپذیری ذاتی از ده‌ها تا چندین هزار میلی‌دارسی متغیر بوده است. مقادیر تخلخل محاسبه‌شده از لاگ‌های چاه‌پیمایی و نمونه‌های مغزه‌ای از ۱۰ تا ۳۰ درصد در تغییر است. میانگین رسانایی هیدرولیکی عمودی بسترهای نشتی‌دار، با نفوذپذیری بسیار کم و نفوذناپذیر از 1×10^{-1} تا 1×10^{-4} متر در روز متغیر است (Habermehl، ۱۹۸۰).

در جدول ۴-۱، پارامترهای فیزیکی و آبخوان سیستم آبخوان اصلی که در بالا مورد بحث قرار گرفت به همراه موارد دیگر خلاصه شده‌اند.

جدول ۴-۱: پارامترهای (حوضه رسوبی و آبخوان فیزیکی) سیستم اصلی حوضه آرتزین بزرگ

پارامتر حوضه رسوبی یا آبخوان	ارزش پارامتر
اندازه حوضه رسوبی	۱/۷ میلیون کیلومتر مربع
حداکثر عمق	۳۰۰۰ متر
سن منابع آب	تا دو میلیون سال
حجم آب در مخزن	۶۴,۹۰۰ میلیارد مترمکعب
تخلیه چاه فعلی (از جمله تخلیه چاه غیرآرتزین فعلی)	۶۳۰ میلیون متر مکعب در سال (بر اساس بهترین داده‌های موجود)
کل تخلیه چاه‌ها از سال ۱۸۷۹	بیش از ۶۳/۴ میلیارد مترمکعب
کل منطقه تغذیه در حوضه رسوبی	۱۵۶,۳۲۴ کیلومتر مربع (حدود ۹ درصد از منطقه)
میانگین تغذیه سالانه	۹۱۰ میلیون مترمکعب در سال
قابلیت انتقال	۱۰ الی ۲۰۰۰ متر مربع در روز
هدایت هیدرولیکی	۰/۱ الی ۱۰ متر در روز
تخلخل آبخوان اصلی	۱۷ الی ۱۹ درصد
میانگین ضریب ذخیره	۱×۱۰^{-۴} تا ۱×۱۰^{-۵}
شیب سطح پتانسیومتری	۱ در ۲۰۰۰ (تقریبا)
حداکثر فشار آرتزین در سطح	۱۳۰۰ کیلوپاسکال معادل ۱۳ بار
دمای آب	متوسط ۳۰ الی ۵۰ درجه سانتیگراد، حداکثر ۱۰۰ درجه سانتیگراد در سطح، بیش از ۱۳۰ درجه سانتیگراد در عمق
سرعت میانگین آب زیرزمینی	۱ الی ۵ متر در سال

۴-۲ آب‌چینه‌شناسی

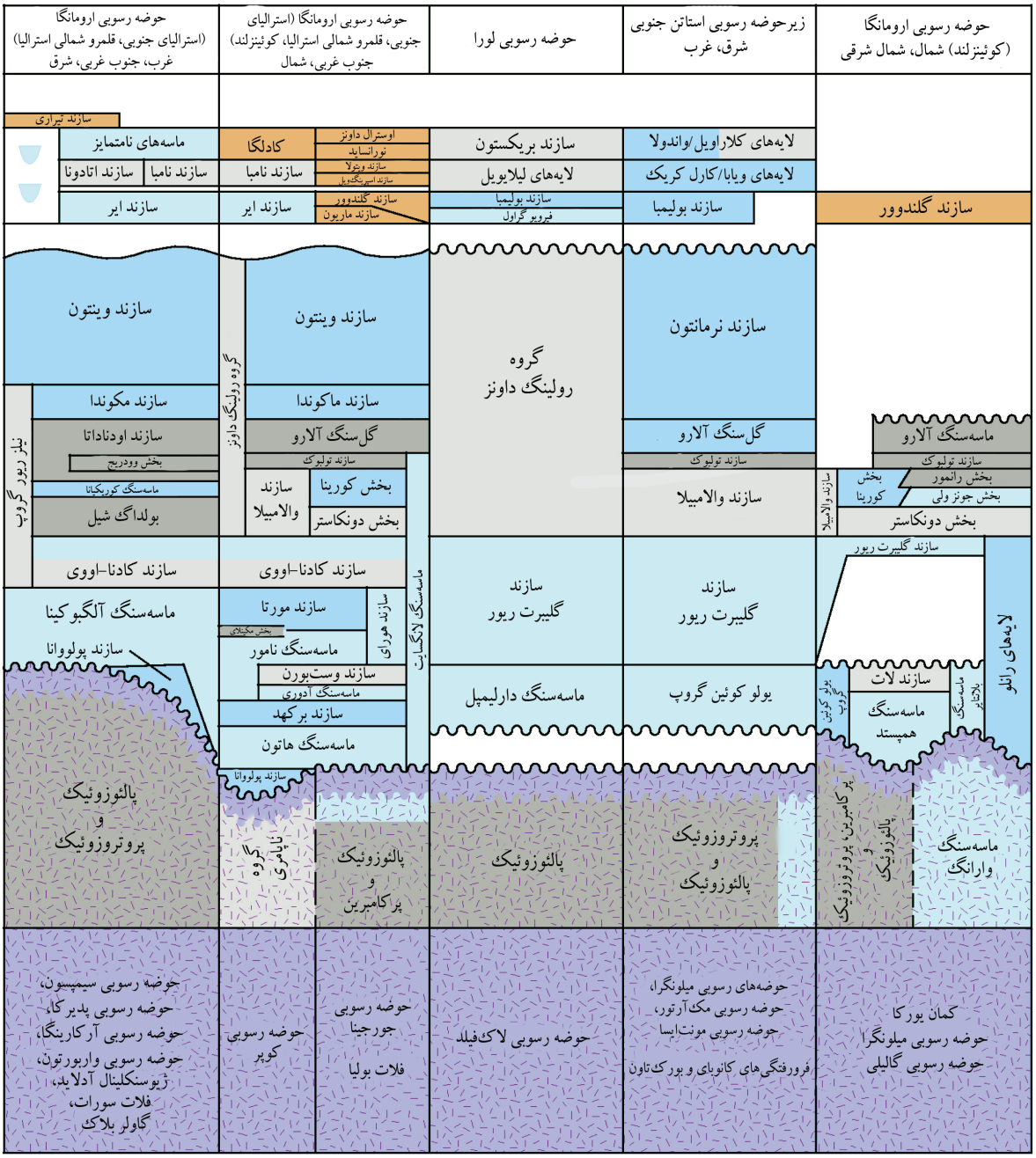
توالی آب‌چینه‌شناسی در حوضه آرتزین بزرگ (شکل ۴-۲ و شکل ۴-۳) که توسط رادک و همکاران (۲۰۱۲) گردآوری شده است، نشانگر توزیع و ارتباط رسوبی واحدهای سنگی در حوضه‌های رسوبی از دوران تریاس تا کرتاسه پسین می‌باشد.

توالی ژوراسیک شامل ماسه‌سنگ‌های کوارتزی ته‌نشین‌شده‌ی قاره‌ای با میان‌لایه‌های فورش‌سنگ و گل‌سنگ می‌باشد. گل‌سنگ، فورش‌سنگ و ماسه‌سنگ لیتیک‌دار در محیط‌های دریایی کم‌عمق در طول دوره کرتاسه پیشین ته‌نشین شده‌اند. سنگ‌های اواخر کرتاسه، بیشتر رسوبات ماسه‌ای در محیط‌های دریاچه‌ای و رودخانه‌ای ته‌نشین شده‌اند.

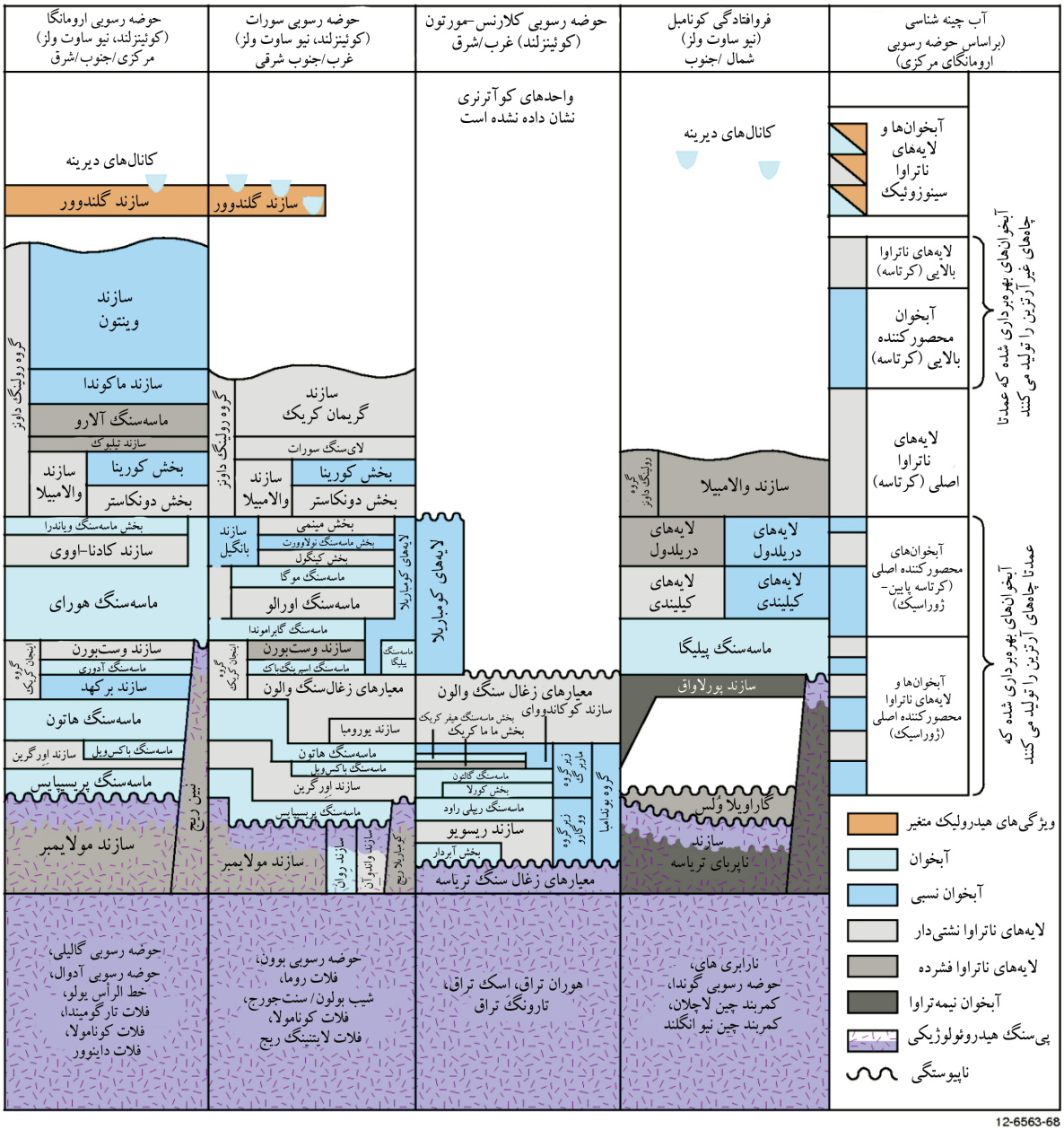
رسوبات تشکیل شده در حوضه‌های رسوبی تشکیل‌دهنده حوضه مذکور در چرخه‌ها یا سیکل‌های متعدد طی چینه‌شناختی طی ۱۴۰ میلیون سال از دوره تریاس پسین و ژوراسیک پیشین تا کرتاسه پسین صورت گرفته است.

پسروی‌ها و پیشروی‌های مختلف باعث شده‌اند که این بخش بزرگ از شرق استرالیا در زمان‌های مختلف بالاتر و یا پایین‌تر از سطح دریا قرار بگیرد و رسوبات ته‌نشین شده در محیط‌های مختلف نیز نشان‌دهنده این تغییرات هستند. بیشتر رسوبات قاره‌ای ته‌نشین‌شده شامل ماسه‌سنگ‌های کوارتزی می‌باشند که با رسوبات ریزدانه ته‌نشین‌شده در دریاچه‌ها، جویبارها و محیط‌های کم‌عمق دریایی جایگزین می‌شوند. گل‌سنگ‌های غالب (عمدتاً خاک رس مونتموریلونیت[1]) از دوره کرتاسه که عمدتاً روی ماسه‌سنگ‌های ژوراسیک قرار می‌گیرند، بخش عمده‌ای از این حوضه را پوشش داده و در محیط دریایی کم‌عمق ته‌نشین شده‌اند، هنگامی که آب دریا در بالاترین سطح خود بوده است. همزمان با عقب‌نشینی دریا، رسوبات ماسه‌ای بیشتری در محیط‌های دریاچه‌ای و رودخانه‌ای طی دوره کرتاسه پسین ته‌نشین شده‌اند.

1. Montmorillonitic clays



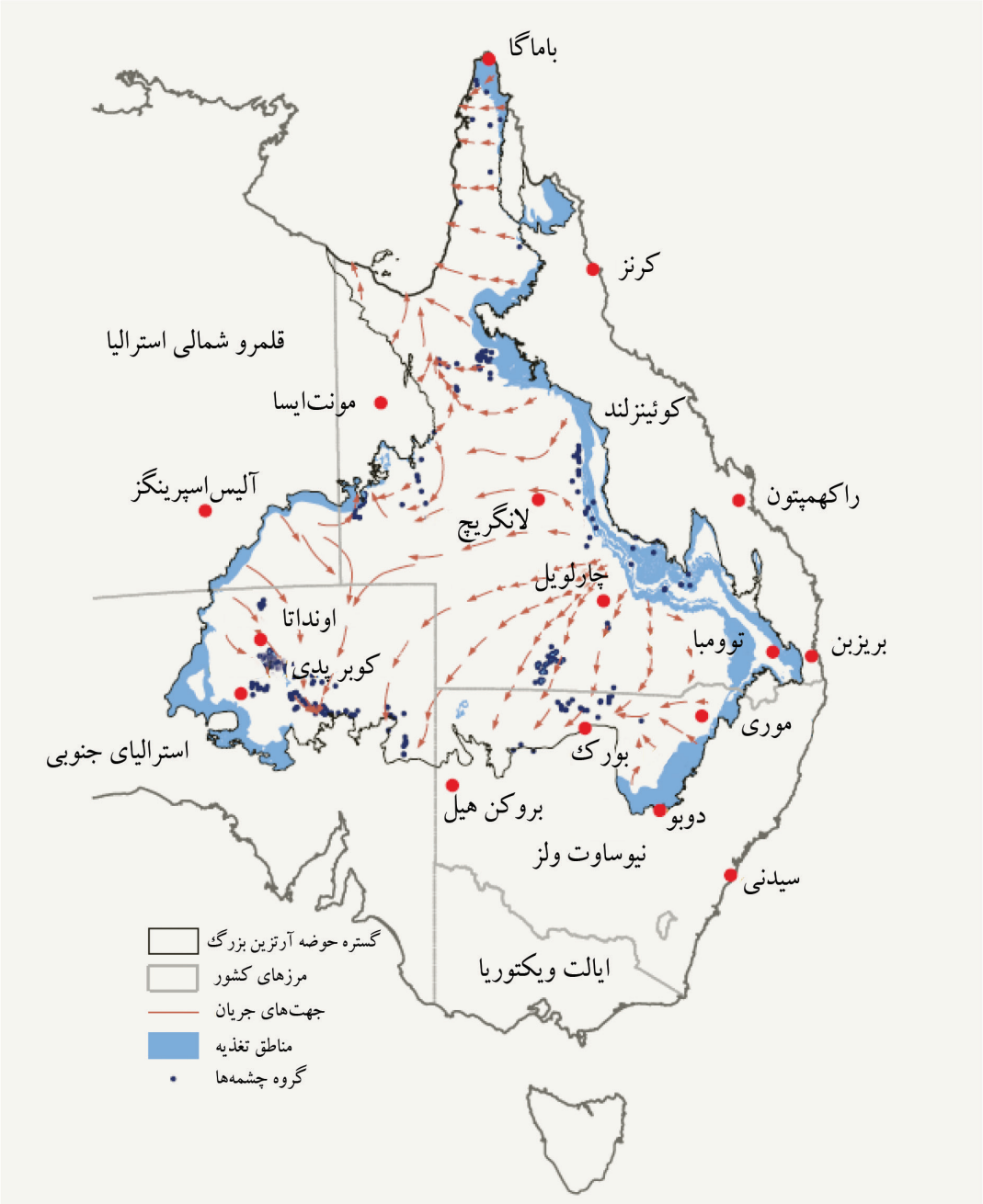
شکل ۴-۲: توالی آب‌چینه‌شناسی حوضه‌های رسوبی اورومانگا و کارپنتاریا با لایه بنفش رنگ نشان‌دهنده لایه پی‌سنگ زیرین حوضه آرتزین بزرگ بخشی از این حوضه رسوبی می‌باشند. تمام لایه‌های دیگر به غیر از لایه‌های ته‌نشین شده در دوره سنوزوئیک، بخشی از این حوضه می‌باشند (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۴-۳: توالی آب‌چینه‌شناسی حوضه‌های رسوبی سورات و کلارنس-مورتون. لایه‌ی بنفش رنگ نشان‌دهنده لایه پی‌سنگ زیرین حوضه آرتزین بزرگ می‌باشد. تمام لایه‌های دیگر به غیر از لایه‌های ته‌نشین شده در دوره سنوزوئیک، بخشی از این حوضه رسوبی می‌باشند (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۳ جریان آب زیرزمینی

جریان منطقه‌ای آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ بر اساس نقشه‌های سطح پتانسیومتری آبخوان‌ها در توالی‌های ژوراسیک تا کرتاسه پایین شرح داده شده‌اند. به طور کلی، مسیرهای جریان از مناطق تغذیه در امتداد رشته‌کوه‌های جداکننده بزرگ به سمت جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال می‌باشند. در بخش غربی این حوضه، جریان آب زیرزمینی منطقه‌ای به سمت جنوب شرقی و جنوب حرکت می‌کند (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴: جهت‌های جریان بزرگ‌مقیاس آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ (GABCC, 2011c).

جریان آب‌های زیرزمینی همیشه به کندی صورت می‌گیرد. علی‌رغم تخلخل بالای لایه‌ها، به دلیل رسانایی‌های هیدرولیکی کم و شیب‌های هیدرولیکی بسیار پایین، سرعت حرکت آب، کم است و مطابق داده‌های هیدرولیکی احتمالاً حدود ۱ تا ۵ متر در سال (m/y) می‌باشد (هابرمهل، ۱۹۸۰). با استفاده از مطالعات کربن ۱۴ و کلر ۳۶ نشان داده شد که نرخ جریان آب زیرزمینی از کمتر از ۱ متر در سال تا حدود ۵ متر در سال (هابرمهل، ۲۰۰۲) متغیر است و زمان ماندگاری آب در آبخوان‌ها براساس مطالعات ایزوتوپی زیست‌محیطی از چندین هزار سال در نزدیکی مناطق تغذیه تا بیش از یک میلیون سال در مرکز حوضه آرتزین بزرگ متغیر است (کاکس و بارون، ۱۹۹۸). در بخش‌های عمیق‌تر این حوضه آبخیز، امکان تعیین میزان جریان با استفاده از واپاشی پرتوزاد وجود ندارد، اما احتمالاً سرعتی کمتر از ۰/۳ متر در سال انتظار می‌رود (رادک و همکاران، ۲۰۰۰).

به طور کلی پذیرفته شد که جریان آب زیرزمینی در این حوضه از طریق محیط متخلخل صورت می‌گیرد. در بسیاری از نقاط بر اساس حفاری‌ها و نمودارگیری ژئوفیزیکی بعدی و با استفاده از داده‌های درون‌چاهی نشان داده شده است که شکستگی‌های محلی، مسیر اصلی جریان را تشکیل می‌دهند و به خصوص هنگامی که موجب یک شیب تند سطح ایستابی می‌شوند و به سمت چاه جریان پیدا می‌کنند این پدیده قابل تشخیص است.

تا قبل سال ۱۸۸۰ که حفاری‌ها آغاز شود، سطوح پتانسیومتری آبخوان‌های تحت فشار در توالی کرتاسه پایین-ژوراسیک در قسمت اعظم حوضه آرتزین بزرگ بالاتر از سطح زمین بود. پس از آن، سطح پتانسیومتری منطقه‌ای آبخوان‌های مورد استفاده در توالی، در بسیاری از مناطق بسیار توسعه‌یافته، ده‌ها متر کاهش یافت. سطوح پتانسیومتری در قسمت اعظم این حوضه هنوز هم بالاتر از سطح زمین است، هرچند در بعضی مناطق، جریان‌های چاه‌های آرتزین متوقف شده و اکنون به صورت پمپاژ برداشت می‌شوند. سطح پتانسیومتری آبخوان‌های تحت فشار در قسمت بالایی توالی کرتاسه همواره پایین‌تر از سطح زمین قرار داشته و چاه‌هایی که از این آبخوان‌ها استفاده می‌کنند شامل چاه‌های آرتزین غیر جریانی بوده و آب باید به صورت پمپاژ برداشت شود.

شیب‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها در توالی کرتاسه پایین-ژوراسیک از ۱:۲۰۰۰ تا ۱:۴۰۰۰ در بخش مرکزی تا جنوب غربی حوضه مذکور متغیر است. شیب‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها در قسمت بالای توالی کرتاسه حدود ۱:۱۸۰۰ می‌باشند.

آبخوان‌های تحت فشار در توالی رسوبی کرتاسه پایین-ژوراسیک نسبتا یکنواخت هستند و تا صدها کیلومتر امتداد دارند. آبخوان‌ها در امتداد خط‌الرأس‌ها و پلات‌فرم‌های سنگ‌های قدیمی به صورت ممتد و پیوسته هستند. در بعضی از نواحی، گسل‌ها به صورت محلی باعث جابه‌جایی یا قطع تغذیه آبخوان‌ها شده و بدین ترتیب به طور کامل و یا نسبی مانع جریان آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های اصلی شده‌اند که سبب تغییر مسیر جریان آب‌های زیرزمینی عمود بر این ساختارها شده‌اند.

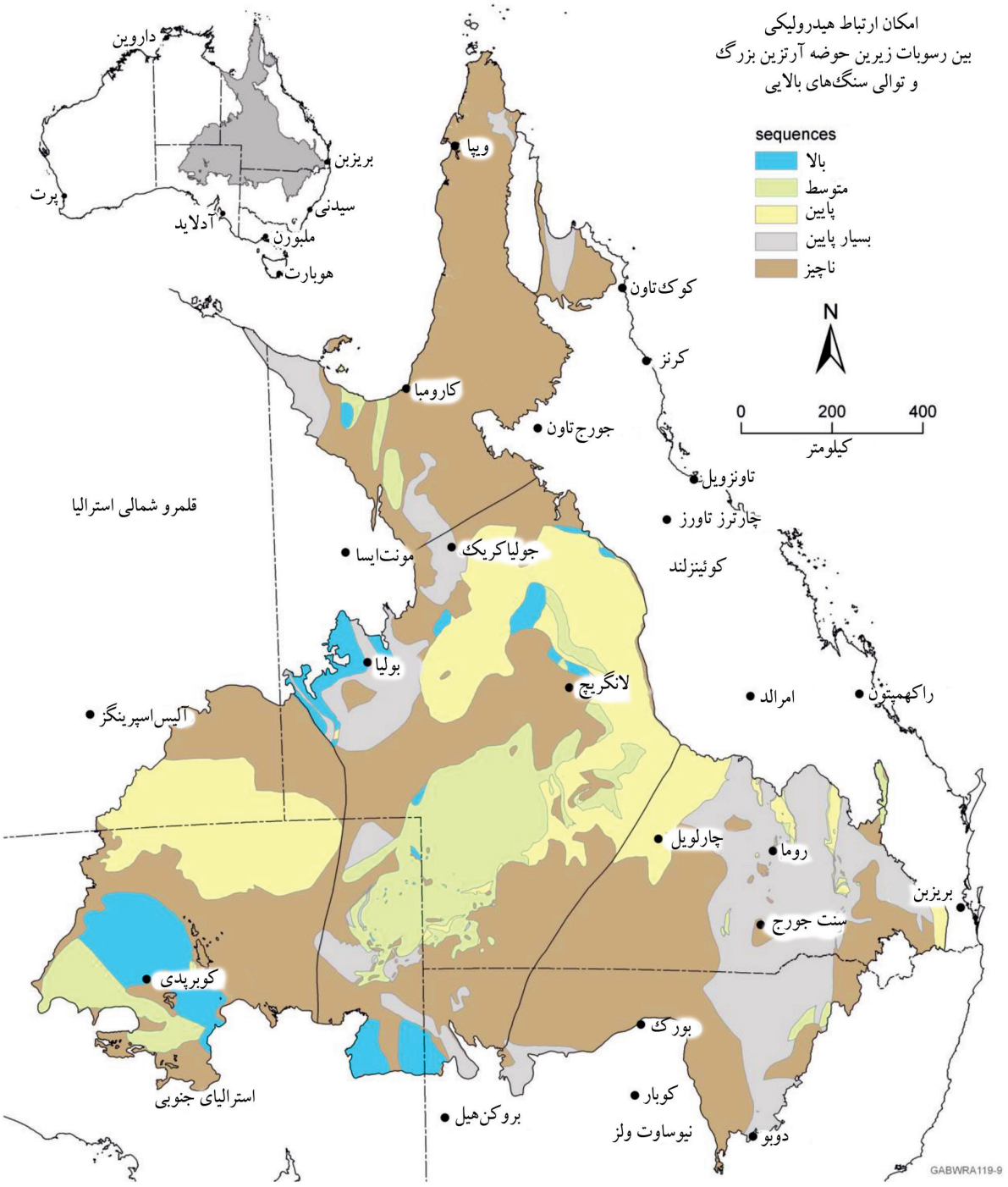
۴-۳-۱ ارتباط بالقوه عمودی در حوضه‌های رسوبی

بخش ۴-۳-۱ (امکان ارتباط عمودی در حوضه) با استناد به مطالعه اسمردون و همکاران (۲۰۱۲) ارائه شده است.

رسوبات دوره ژوراسیک تا کرتاسه میانی در حوضه آرتزین بزرگ در بالای حوضه‌های زمین‌شناسی قدیمی‌تر رسوب کرده‌اند. این حوضه‌های رسوبی زیرین هستند که ساختار و شکل کلی این حوضه‌ها را مشخص می‌کنند. حوضه‌های رسوبی باون، کوپر، گالیلی، پدیرکا[1]، سیمپسون[2] و آرکارینگا[3] این حوضه‌های قدیمی‌تر را شامل می‌شوند. از آنجا که این حوضه در بالای سازندهای زمین‌شناسی عمیق‌تر قرار دارد، در برخی از نقاط، آبخوان‌های واقع در این حوضه با آبخوان‌های واقع در حوضه‌های رسوبی عمیق‌تر ارتباط دارند.

در تعدادی از حوضه‌های رسوبی زیرین، ارتباط آب‌زمین‌شناختی بالقوه با آبخوان‌های GAB وجود دارد. ارتباطات بالقوه در سراسر حوضه آرتزین بزرگ موجب شکل‌گیری ارتباط تکه‌تکه[4] می‌شوند (شکل ۴-۵) که تقریباً با ۵۰ درصد در حوضه رسوبی ارومانگا، ۱۰ درصد در حوضه رسوبی سورات و ۵ درصد در حوضه رسوبی کارپنتاریا همپوشانی دارد. به دلیل وجود ماسه‌سنگ‌های وارانگ[5] و احتمالاً کلماتیس[6] در حوضه‌های رسوبی گالیلی و باون که سطوح آب‌های زیرزمینی آن‌ها به اندازه کافی بالاست، هابرمهل (۱۹۸۰) این توالی‌ها را در این حوضه سری تریاس لحاظ کرده است.

1. Pedirka
2. Simpson
3. Arckaringa
4. Patchwork
5. Warang
6. Clematis



شکل ۴-۵: امکان ارتباط حوضه آرتزین بزرگ و حوضه‌های رسوبی زمین‌شناختی زیرین.

نکته: در این نقشه ارتباط حوضه‌ها نشان داده نشده است (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

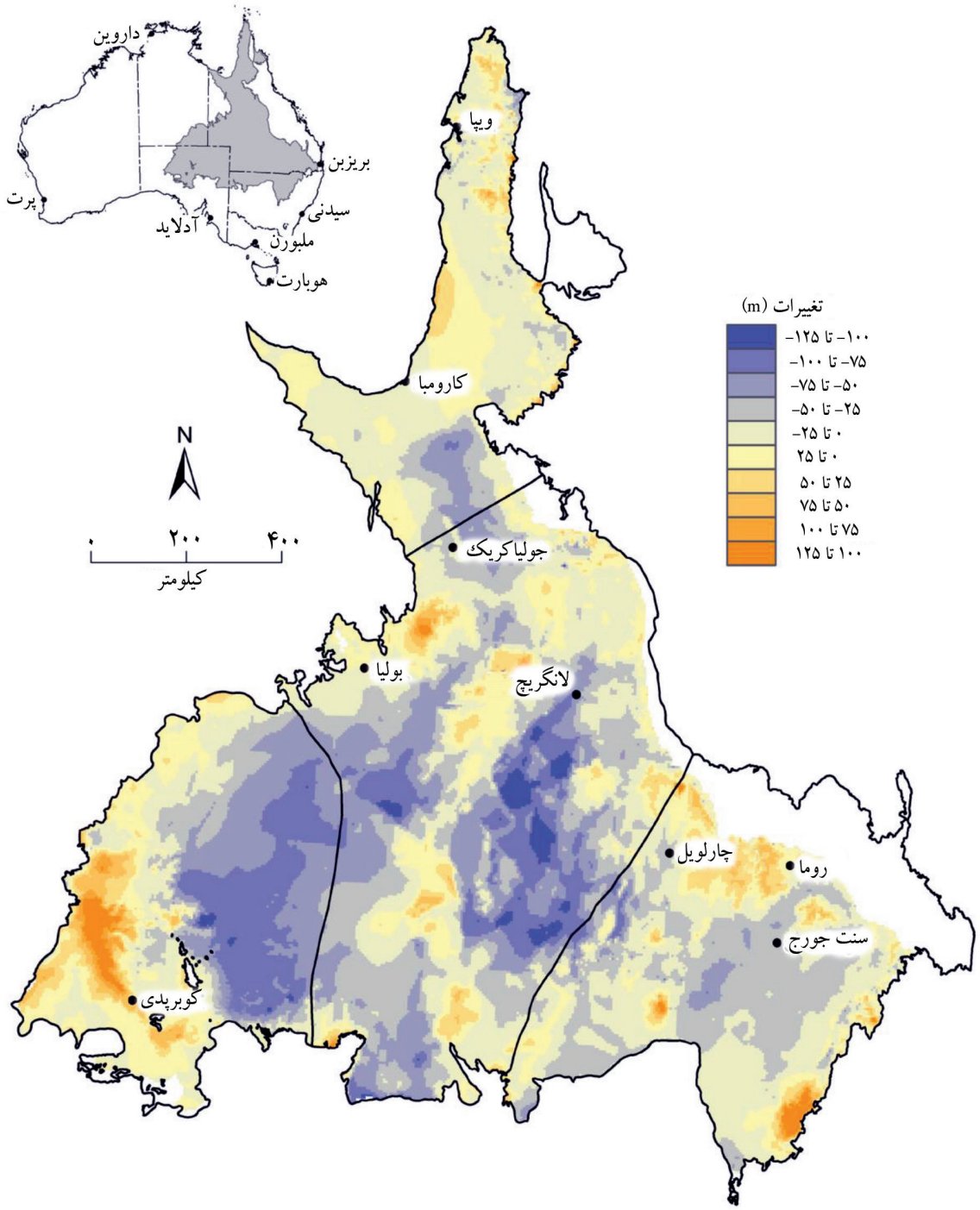
علاوه بر حوضه‌های رسوبی عمیق‌تر و زیرین، حوضه‌های رسوبی کم‌عمق‌تر و جوان نیز روی حوضه آرتزین بزرگ تشکیل شده‌اند. این حوضه‌های رسوبی گسترده عصر پالئوژن-نئوژن (نهشته‌های دوره سنوزوئیک)، توالی ژوراسیک-کرتاسه را پوشش داده‌اند. آبراهه‌های اصلی در دوره سنوزوئیک نیز دارای حجم ضخیم رسوبات آبرفتی (رسوبات کواترنری) هستند. فرسایش این رسوبات در آبراهه‌های کهن و ته‌نشینی بعدی آن‌ها در بخش‌های دیگر این حوضه سبب شده است که نهشته‌های سنوزوئیک در بعضی از نقاط، رسوبات سطحی بسیار سختی را تشکیل دهند. تشکیل این سطح سخت موجب کاهش نفوذپذیری شده و می‌تواند ارتباط بین هیدرولوژی سطحیِ کنونی و سیستم‌های زیرسطحی آب زیرزمینی را به حداقل برساند. البته میزان آن در این حوضه هنوز معلوم نیست.

۴-۳-۱-۱ نشانه‌های نشت عمودی

جریان متقاطع بین سازندی در جایی رخ می‌دهد که در آن گرادیان فشار عمودی بین دو سازند وجود داشته باشد و نفوذپذیری کافی امکان جریان بین این دو سازند را فراهم نماید. بنابراین، نرخ انتقال بین واحدها تابعی از دو متغیر ارتباطی است. به عبارتی، ارتباط از لحاظ نفوذپذیری و بزرگی گرادیان فشار بین آنها می‌باشد. در مواردی که لایه‌های ناتراوا موجب تشکیل انسداد خوبی می‌شوند، بدین معناست که حتی اگر شیب فشار قوی باشد، نرخ انتقال آب فوق‌العاده کند است. برعکس، حتی در مواردی که دو واحد نفوذپذیر در کنار هم قرار دارند، اگر گرادیان عمودی نسبت به گرادیان جانبی کمتر باشد، ممکن است جریان متقاطع بین سازندی محدودی وجود داشته باشد. در آبخوان‌های آرتزین، اختلاف فشار بین آبخوان‌ها تابع افزایش ارتفاع مناطق تغذیه‌کننده آبخوان‌های پایین‌تر و فشارهای هیدرواستاتیک رسوبات بالاتر در عمق می‌باشد. با توجه به این‌که آبخوان‌ها به جای خاک رس یا گل سنگ، عمدتاً از رسوبات ماسه سنگ و لای سنگ تشکیل شده‌اند، تأثیرات ناشی از فشار مازاد که شامل فشار بیش از حد به برخی از آبخوان‌ها و/یا الگوهای نامنظم فشاری در آبخوان است، احتمالاً جزئی خواهد بود.

جریان متقاطع بین سازندی را می‌توان از طریق برآورد نظری پتانسیل و همچنین اندازه‌گیری تبادل فیزیکی ارزیابی نمود. به منظور تعیین مکان‌های بالقوه برای ایجاد جریان متقاطع بین سازندی در حوضه آرتزین بزرگ، سطح آب زیرزمینی در آبخوان کادنا-اووی-هورای و موارد مشابه آنها با سطح ایستابی منطقه‌ای مورد مقایسه قرار گرفتند. در مواردی که سطح آب‌های زیرزمینی در آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه بیشتر از سطح ایستابی منطقه‌ای بودند، امکان نشت عمودی رو به بالا وجود داشت. در مواردی که سطح آب‌های زیرزمینی در آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه کمتر از سطح ایستابی منطقه‌ای بودند، امکان نشت عمودی رو به پایین وجود داشت. لازم به ذکر است که در نقشه این مقایسه در شکل ۴-۶ فقط مناطقی نشان داده شده است که در آنها نیروی محرک بالقوه‌ای برای ایجاد جریان آب‌های زیرزمینی عمودی (به عنوان مثال، گرادیان فشار) وجود دارد. همچنین، مناطق بالقوه برای نشت عمودی رو به بالا (مناطق آبی‌رنگ در شکل ۴-۶) نشان می‌دهند که به طور کلی، لایه‌های محصورکننده‌ای که روی آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه آن قرار دارند، دارای نفوذپذیری محدودی هستند. برعکس، مناطق بالقوه برای نشت عمودی رو به پایین (مناطق نارنجی رنگ در شکل ۴-۶) نشان می‌دهند که لایه‌های محصورکننده دارای مجراهای اضافی هستند که موجب افزایش نفوذپذیری می‌شوند (به‌عنوان مثال، گسلش چندضلعی که در فصل ۳ شرح داده شد).

در اکثر مناطق حوضه آرتزین بزرگ، سطح آب‌های زیرزمینیِ آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه، بیشتر از سطح ایستابی می‌باشد. این نتیجه به سادگی نشان می‌دهد که قسمت اعظم این حوضه به احتمال زیاد آرتزین می‌باشد (چنانچه سطح آب‌های زیرزمینی نیز بیشتر از ارتفاع سطح زمین باشند) و همانطور که انتظار می‌رود نشت عمودی رو به بالا از آبخوان‌های پایین‌تر به لایه‌های ناتراوای بالایی و درنتیجه به سیستم‌های آبخوان کم‌عمق رخ می‌دهد. به علاوه، در شکل ۴-۶ مناطق در امتداد حواشی این حوضه نشان داده شده است که در آنها ارتفاع سطح ایستابی بیشتر از سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه می‌باشد. این محدوده‌ها پتانسیل خوبی برای تغذیه‌شدن آبخوان (جریان عمودی رو به پایین) را نشان می‌دهند. علاوه بر مناطق حاشیه‌ای این حوضه، در بسیاری از نقاط خط‌الرأس‌های یولو و نبین و بخش‌های متعددی از مرکز حوضه رسوبی ارومانگا که در آن‌ها بالاآمدگی در سطح ایستابی مشاهده شده است، شرایط تغذیه آبخوان وجود دارد. داده‌های ارائه شده در شکل ۴-۶ نشان‌دهنده پتانسیل نشت عمودی می‌باشند که نیازمند بررسی با جزئیات بیشتر هستند. اما باید اشاره داشت که این نتایج (شکل ۴-۶) خط شاهدی در ارتباط با نشت عمودی را نشان می‌دهند.

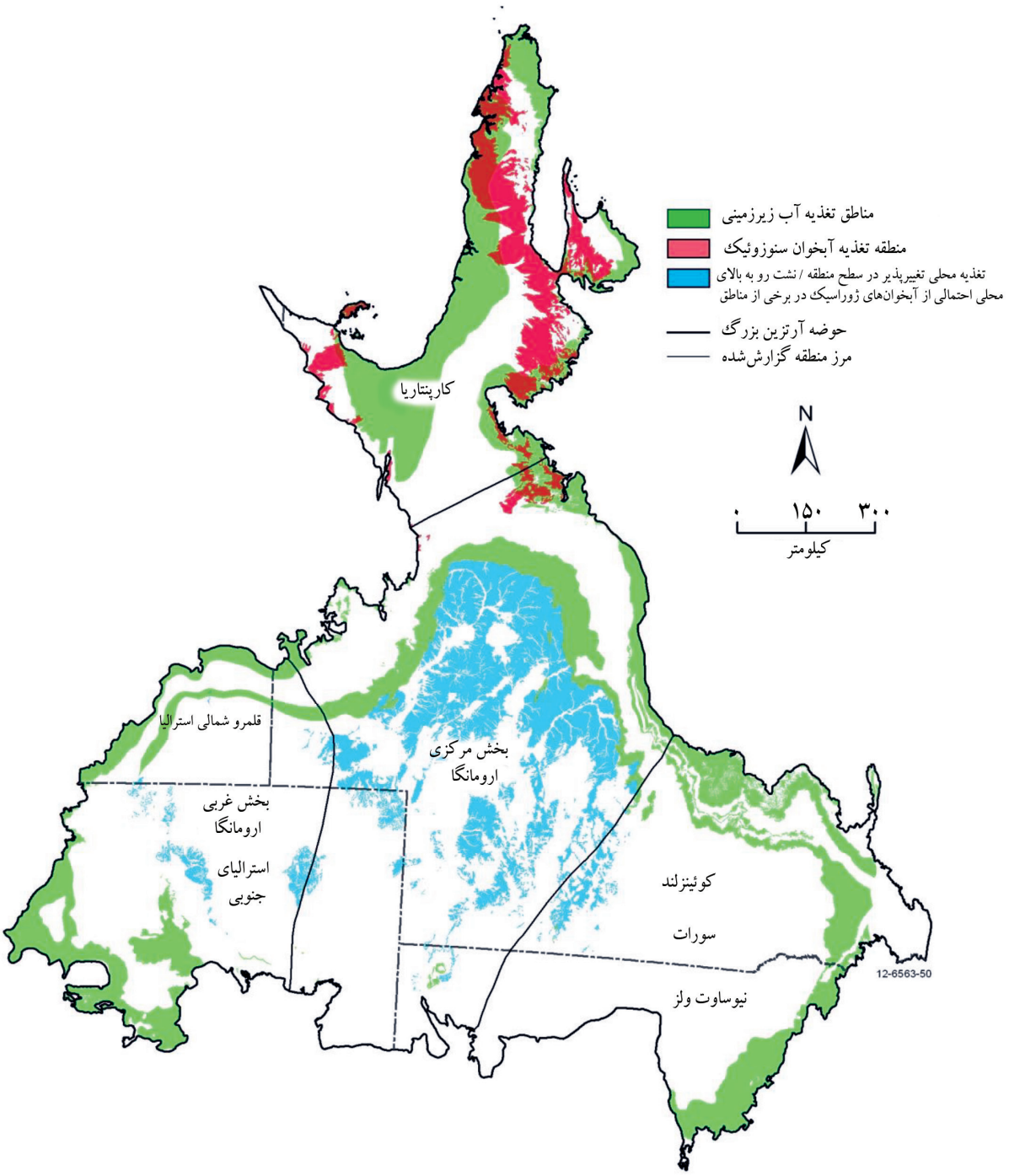


شکل ۴-۶: تفاوت سطح ایستابی منطقه‌ای و سطوح آب زیرزمینی در آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه در حوضه آرتزین بزرگ. مناطق نارنجی رنگ (مقادیر مثبت) نشان‌دهنده پتانسیل جریان رو به پایین و مناطق آبی رنگ (مقادیر منفی) نشان‌دهنده پتانسیل جریان رو به بالا می‌باشند. در این نقشه فقط مناطقی نشان داده شده است که در آنها نیروی محرک بالقوه‌ای برای ایجاد جریان عمودی آب‌های زیرزمینی وجود دارد و شرایط جریان فعلی نشان داده نشده است (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۳-۲ تغذیه

در حوضه آرتزین بزرگ نیز مانند بسیاری دیگر از آبخوان‌های واقع در مناطق نیمه‌خشک تا خشک در جهان، نرخ فعلی تغذیه به طور قابل توجهی کمتر از نرخ تخلیه است. آب زیرزمینی ذخیره شده در آبخوان کادنا–اووی–هورای و آبخوان‌های مشابه آن میراثی از دوره پلیستوسن (۲/۵ میلیون سال پیش تا ده هزار سال قبل) است که در آن رطوبت و نرخ تغذیه بالاتر بوده است. بخش عمده تغذیه در حاشیه غربی آبخوان طی زمان بیش از ده هزار سال در شرایط مرطوب پلیستوسن اتفاق افتاده است– عملاً طی ده هزار سال اخیر اصلا تغذیه‌ای صورت نگرفته است. این بدان معنی است که همانطور که قبلا تصور می‌شد، این حوضه آبخیز در حالت طبیعی در یک دوره درازمدت با کاهش فشار مواجه می‌شود و حالت پایداری نخواهد داشت. این موضوع به این معنی نیست که چشمه‌های این حوضه در کوتاه‌مدت خشک می‌شوند زیرا حوضه در تاریخچه خود بارها دستخوش بسیاری از تکرارهای کاهش و افزایش شده است. اسمردون و همکاران (۲۰۱۲) نشان می‌دهند که حوضه در حال حاضر به صورت طبیعی افت می‌کند. از این رو چنین نتیجه‌گیری می‌کنند که تمام برداشت‌های آب زیرزمینی از سیستم در نهایت به بهای از دست دادن تخلیه‌های طبیعی و البته در یک مقیاس زمانی نامشخص، صورت خواهند گرفت.

مسیرهای تغذیه امروزی به حوضه مذکور از طریق نفوذ باران به رخنمون سازندهای ماسه‌سنگی و با نشت از طریق رسوبات تحکیم نیافته سطح آبخوان‌ها صورت می‌پذیرد. تغذیه عمدتاً در بخش‌های رخنمون سازندها در امتداد مناطق مرتفع در حاشیه شرقی حوضه رخ می‌دهد که در دامنه‌های غربی رشته‌کوه‌های جداکننده بزرگ واقع شده‌اند (شکل ۴-۷). در برخی موارد هم در امتداد حواشی غربی این حوضه، در مناطق خشک مرکزی که در آن آبخوان‌ها برونزد یافته‌اند و یا با رسوبات شنی پوشیده شده‌اند، تغذیه صورت می‌گیرد؛ این تغذیه عمدتاً از طریق بسترهای رودخانه فینک و سایر رودخانه‌های در حال جریان اتفاق می‌افتد.



شکل ۴-۷: مناطق تغذیه آب‌های زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

مؤلفه‌های جداگانه بیلان آب زیرزمینی در جدول ۴-۲ بر اساس جدیدترین برآوردهای ارائه شده در مطالعه اسمردون و همکاران (۲۰۱۲) و سایر منابع اطلاعات نشان داده شده‌اند.

در یک سیستم پیچیده و بزرگ آب زیرزمینی نظیر حوضه آرتزین بزرگ، درباره هر مؤلفه بودجه آب تا حدی تردید و عدم قطعیت وجود دارد. در نتیجه، اعداد تخمینی مختلفی با استفاده از یک روش واحد (با تردیدهای مختلف- مانند تخلیه پراکنده[1]) و یا براساس یافته‌های بررسی‌های مختلف (مانند تغذیه) تعیین می‌شوند. پراکندگی تغذیه (با روش توازن جرمی کلر) و تخلیه پراکنده بر اساس روابط نسبتاً ساده و برون‌یابی اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای در مقیاس فضایی گسترده برآورد می‌شوند. حجم تغذیه از طریق اندازه‌گیری غلظت کلر در بارش و آب زیرزمینی محاسبه می‌شود. برآورد تخلیه پراکنده بر پایه میزان نفوذپذیری می‌باشد (که از آن به‌عنوان هدایت هیدرولیکی یاد می‌شود) و فرض می‌شود نفوذپذیری ضخامت کلی سازند زمین‌شناختی و مشارکت در مسیرهای جریان ترجیحی است. با توجه به این تردیدها، باید مؤلفه‌های بیلان منطقه‌ای آب ارائه شده به جای بیلان دقیق و عینی[2]، از بیلان تخصیصی[3] استفاده شود.

1. Diffuse discharge
2. Exact budget
3. Indicative budget

جدول ۴-۲: خلاصه‌ای از بررسی‌های اخیر در زمینه تغذیه آب‌های زیرزمینی در آبخوان کادنا-اووی-هورای در حوضه آرتزین بزرگ. بررسی تغذیه آب‌های زیرزمینی کل حوضه از جمله لایه‌های ناتراوا توسط کلت و همکاران انجام شده است (۲۰۰۳). یافته‌های این بررسی به طور خلاصه در پیوست ۱ ارائه شده است.

منطقه گزارش‌شده	تغذیه آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب در سال)				برداشت آب از چاه
	توازن جرمی کلرید[1]	توازن جرمی کلرید[2]	مدل‌سازی ارزیابی[3]	نمودار مفهومی[4]	مدل‌سازی ارزیابی[5]
سورات	۱۵۷	۲۹۵	۱۸۵	۲۳۷	۲۳۲
بخش مرکزی ارومانگا	۱۶۲	۲۶۴	۱۶۵	۱۴۲	۱۵۵
بخش غربی ارومانگا	۷	داده‌ای ثبت نشده است.	۴۰	۷	۶۰
کارپنتاریا	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	۱۰۱	۴۳۲	۶۴
کل	۳۲۶	۵۵۹	۴۹۱	۸۱۸	۵۱۱

منطقه گزارش‌شده	تخلیه چشمه		تخلیه پراکنده[6]	
	هابرمهل (۱۹۸۲)	٪۵ مسیرهای ترجیحی	٪۱۰ مسیرهای ترجیحی	٪۱۵ مسیرهای ترجیحی
سورات	۱۴	۴۶	۹۲	۱۳۹
بخش مرکزی ارومانگا	۲۵	۶۲	۱۲۴	۱۸۵
بخش غربی ارومانگا	۲۴	۳۷	۷۲	۱۰۹
کارپنتاریا	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.
کل	۶۳	۱۴۵	۲۸۸	۴۳۳

۱. اسمردون و همکاران (۲۰۱۲)

۲. کلت و همکاران (۲۰۰۳) و هامبرمهل (۲۰۰۹)

۳. مدل‌های گبتران (nartBAG) و کیپ‌یورک، ولش و همکاران (۲۱۰۲b)

۴. رانسلی و همکاران (۲۰۱۲)

۵. روش توصیف‌شده توسط هرینگتون و همکاران (۲۰۱۲)

۴-۳-۳ تخلیه طبیعی

تخلیه از حوضه آرتزین بزرگ به عنوان تخلیه طبیعی به صورت جریان خروجی متمرکز از چشمه‌ها، نشت عمودی به سمت سطح ایستابی و تخلیه از زیرسطح دریا در خلیج کارپنتاریا انجام می‌شود.

۴-۳-۳-۱ چشمه‌ها

در مناطق حاشیه‌ای حوضه آرتزین بزرگ، به ویژه در مناطق جنوب، جنوب غربی، شمال غربی و شمالی، چشمه‌ها و مناطق نشت (تراوش) به وفور یافت می‌شوند. بیشتر چشمه‌ها در گروه‌هایی متمرکز هستند که مناطق نسبتاً کوچکی را پوشش می‌دهند. ۱۱ گروه اصلی در بخش اصلی این حوضه شناسایی شده‌اند (شکل ۴-۸). نرخ تخلیه چشمه‌ها به طور کلی پایین است و از کمتر از ۱ لیتر در ثانیه تا حدود ۱۵۰ لیتر در ثانیه (۳۲ هزار مترمکعب در سال تا حدود ۴/۷ میلیون مترمکعب در سال) متغیر است؛ مورد دوم متعلق به چشمه‌هایی است که در گروه چشمه‌های دالهاوزی در شمال استرالیای جنوبی قرار دارند. دمای آب چشمه معمولاً از ۲۰ تا ۴۵ درجه سانتیگراد متغیر است. همچنین، گروه دوازدهمی مشاهده می‌شود که به چشمه‌های واقع در منطقه تغذیه در شبه جزیره کیپ یورک نسبت داده می‌شوند.

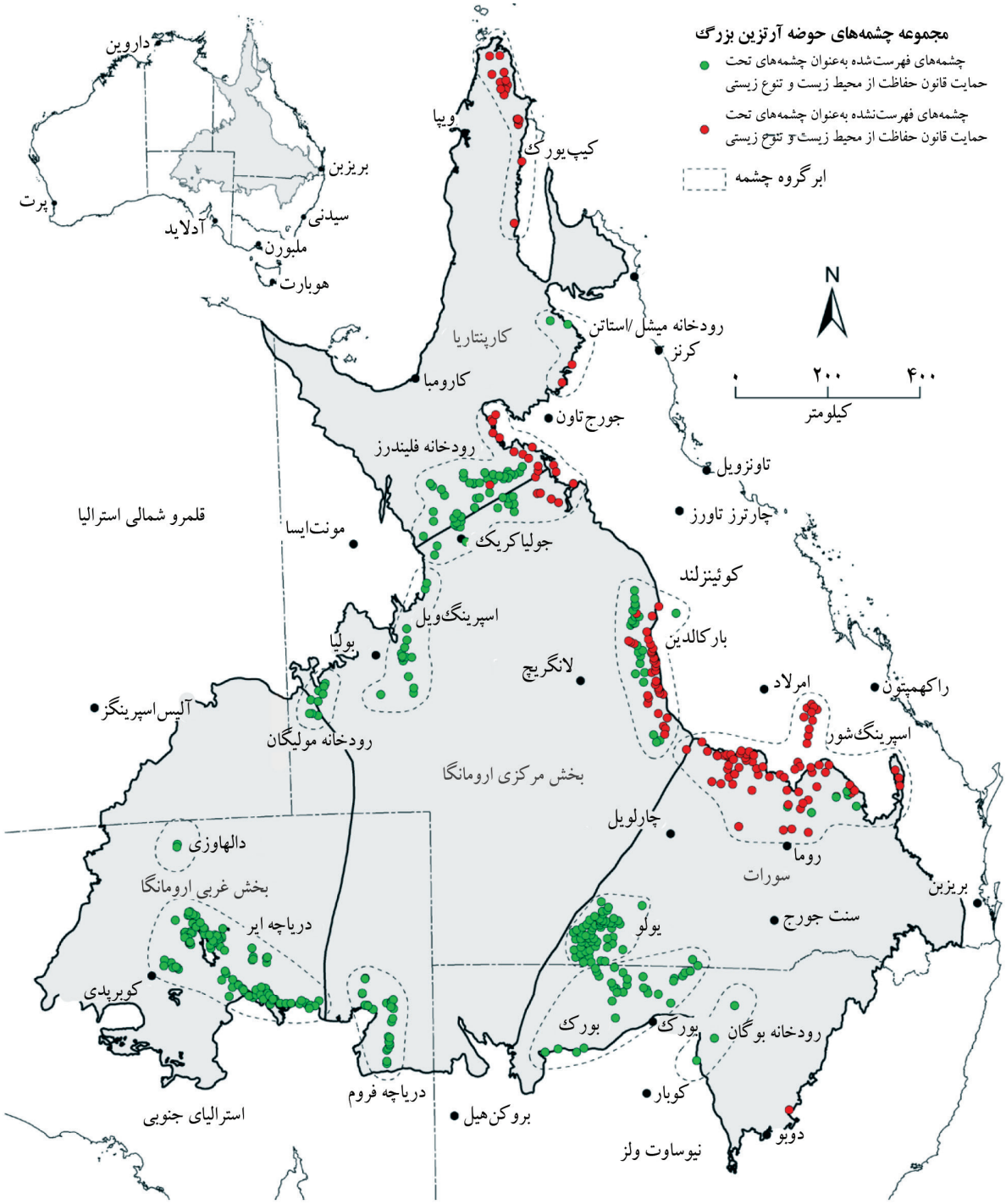
به طور کلی، چشمه‌های آرتزین جریان‌دار در مناطق تخلیه با گسل‌ها و شکستگی‌هایی ارتباط دارند که در امتداد آنها، جریان‌های آب زیرزمینی رو به بالا، آبخوان‌هایی محدود به بسترهای سنگی غیر قابل نفوذ و همچنین آب‌های تحت فشاری وجود دارد که بسترهای محدود و نازک واقع در نزدیکی حاشیه‌های تخلیه این حوضه را می‌شکنند. بسیاری از چشمه‌ها توده‌های مخروطی با قطر چند متر تا ده‌ها متر و ارتفاع چند متر ساخته‌اند.

برآوردهای فعلی نشان می‌دهند که مجموع تخلیه چشمه‌ها در آن بخش حوضه آرتزین بزرگ که در استرالیای جنوبی واقع شده است، برابر با ۲۴/۱۰۶ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. هابرمهل (۲۰۰۱a) کل تخلیه چشمه‌ها، به استثنای تخلیه چشمه‌های واقع در حوضه رسوبی کارپنتاریا را حدود ۴۷/۴۵۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد کرده است.

تخلیه چشمه‌ها به علت حفاری چاه‌های آب در بسیاری از بخش‌های این حوضه طی ۱۲۰ سال گذشته کاهش یافته است.

چشمه‌ها در مناطق تغذیه در امتداد حاشیه‌های شرقی بسیار متداول هستند، اما بیشتر این چشمه‌ها در نتیجه «سرریز» یا «پس زدن» تغذیه در آبخوان‌ها و یا برهم کنش میان توپوگرافی محلی و آبخوان‌ها ایجاد می‌شوند (این چشمه‌ها در واقع شامل گروه چشمه‌های بارکالداین[1]، اسپرینگ‌شور[2] و کیپ یورک هستند که در شکل ۴-۸ نشان داده شده‌اند).

1. Barcaldine
2. Springsure



شکل ۴-۸: محل چشمه‌ها در حوضه آرتزین بزرگ؛ ابرگروه چشمه‌ها توسط خط‌چین‌ها احاطه شده‌اند (تجمع چشمه‌ها بر اساس نحوه رخداد آنها). نقطه‌های سبز نشان‌دهنده چشمه‌هایی هستند که به‌عنوان چشمه‌های تحت حمایت قانون حفاظت از *محیط زیست* و *بقای تنوع زیستی* فهرست شده‌اند، در حالی که نقاط قرمز نشان‌دهنده چشمه‌هایی هستند که در این فهرست ذکر نشده‌اند (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

فنشام[1] و فیرفکس[2] (۲۰۰۵)، چشمه‌های واقع در بخش کوئینزلند حوضه آرتزین بزرگ را تحت عنوان چشمه‌های تغذیه و یا تخلیه دسته‌بندی کرده‌اند. مطابق آن‌ها، چشمه‌هایی که در مکان‌هایی ایجاد می‌شوند که در آنها رخنمون‌های ماسه‌سنگ به عنوان مناطق تغذیه شناخته می‌شوند، تحت عنوان چشمه‌های «منطقه تغذیه» تعریف می‌شوند. سایر چشمه‌های این حوضه که دورتر و در شیب پایین مناطق تغذیه قرار دارند و دارای زمین‌شناختی سطحی متفاوتی هستند، به عنوان چشمه‌های «منطقه تخلیه» تعریف می‌شوند. مطابق این تعریف، بعضی از چشمه‌های منطقه تخلیه به مناطق تغذیه نسبتاً نزدیک هستند، ولی از منطقه رخنمون واقعی دور هستند.

همانطور که در جدول ۴-۳ نشان داده شده است، در مجموع ۱۳۹ مجموعه چشمه تغذیه‌ای و ۱۷۱ مجموعه چشمه تخلیه در بخش کوئینزلند این حوضه شناسایی شده‌اند که با عناوینی دیگر شامل فعال، غیرفعال و حد واسط (هم فعال و هم غیر فعال) نیز تفکیک شده‌اند.

1. Fensham
2. Fairfax

جدول ۴-۳: تعداد چشمه‌های فعال و فهرست شده به عنوان چشمه‌های تحت حمایت قانون حفاظت از *محیط زیست* و *بقای تنوع زیستی* در هر ابرگروه چشمه [خلاصه داده‌های حاصل از بررسی گری[1] (۲۰۱۳) و فنشام و همکاران (۲۰۱۰)].

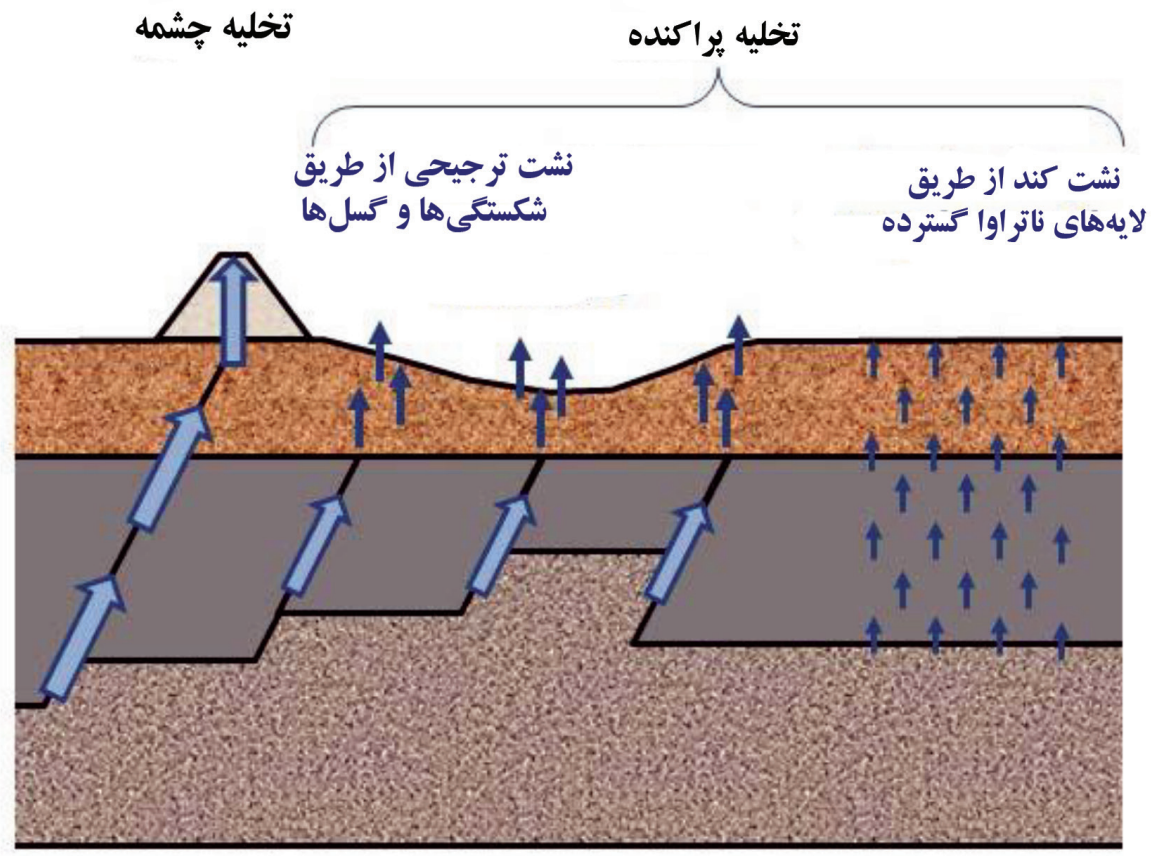
منطقه حوضه آرتزین بزرگ	ابرگروه چشمه‌ها	تعداد چشمه‌های منفرد	تعداد چشمه‌های تحت حمایت قانون مذکور	تعداد چشمه‌های فعال
سورات	اسپرینگ‌شور	۲۵۲	۱۲۲	۹۲
	یولو	۴۳۶	۲۱۶	۱۷۷
	بورک	۱۴۵	۱۴۵	۵۱
	رودخانه بوگان	۷	۶	۰
بخش مرکزی ارومانگا	اسپرینگ‌ویل	۱۰۸	۱۰۸	۵۲
	بارکالدین	۲۴۱	۱۴۵	۱۵۹
	مولیگان	۷۰	۷۰	۵۰
	دریاچه فروم	۷۷۲	۷۷۲	۷۷۲
	رودخانه فلیندرز	۵۷	۴۴	۱۳
بخش غربی ارومانگا	دالهاوزی	۱۴۵	۱۴۵	۱۴۱
	دریاچه ایر	۳۷۳۹	۳۷۳۹	۳۱۰۳
	رودخانه مولیگان	۱۴	۱۴	۱۰
کارپنتاریا	کیپ‌یورک	۴۹۸	۰	۴۹۸
	رودخانه‌های میشل/ استاتن	۱۰	۲	۱۰
	رودخانه فلیندرز	۱۱۲	۳۵	۴۷
کل		۶۴۱۰	۵۶۳۴	۵۱۹۲

۴-۳-۳-۲ نشت عمودی

در سراسر حوضه آرتزین بزرگ، تنها یک بررسی صریح و گزارش‌شده به منظور اندازه‌گیری جریان‌های عمودی از طریق توالی اصلی لایه‌های ناتراوا انجام شده است (هرینگتون و همکاران، ۲۰۱۲). خواص زمین‌شناختی، ژئوفیزیکی، فیزیکی، شیمیایی و ایزوتوپی دو مغزه حفاری در غرب دریاچه ایر مورد بررسی قرار گرفته است و به منظور برآورد جریان‌های عمودی از شبیه‌سازی‌های عددی جریان تک-بعدی در مسیرهای چندگانه استفاده شده است. برآورد پراکندگی تخلیه (در شکل ۴-۹ تعریف شده است) بیانگر تخلیه بسیار کم و البته فراگیر از آبخوان‌های عمیق‌تر از طریق

1. Gray

لایه‌های ناتراوای منطقه‌ای است (جدول ۴-۴). برآوردها با استفاده از گازهای نجیب بیانگر محدودیت‌هایی در مورد تخلیه ترجیحی هستند که به نظر می‌رسد حجم قابل توجهی در توازن جرمی این حوضه باشند.



شکل ۴-۹: نمودار مفهومی ساز و کارهای تخلیه آب زیرزمینی که به‌عنوان بخشی از بررسی هرینگتون و همکاران (۲۰۱۲) ارزیابی شده است (رانسلی و اسمردون، ۲۰۱۲).

جدول ۴-۴: مقایسه برآوردهای نرخ تخلیه آب‌های زیرزمینی در حاشیه جنوب غربی حوضه آرتزین بزرگ (هرینگتون و همکاران، ۲۰۱۲).

مرجع	تخلیه (هزار سال)		روش	شرح
	نرخ (mm/y)	حجم (هزار مترمکعب در روز)		
وودز و همکاران (۱۹۹۰)	۰/۵ تا ۷	–	پروفیل دوتریم و کلرید آب و رطوبت موجود در میان ذرات خاک	تبخیر از خاک‌ها، فرض بر این است که برابر با نشت حوضه آرتزین بزرگ باشد
منطقه چاه‌های مجاز شمال دور	–	۲۷۴	وضعیت رسوبات باقی‌مانده در توازن آب منطقه‌ای	–
کاستلو و همکاران (۲۰۱۱)	۰/۵ تا ۳۰۰	تقریبا ۲۰۰ تا ۶۹۰	پروفیل دوتریم و کلرید آب و رطوبت موجود در میان ذرات خاک، همبستگی گردابی میکرولیزمترها	تبخیر از خاک‌ها، فرض بر این است که برابر با نشت حوضه آرتزین بزرگ باشد
هرینگتون و همکاران (۲۰۱۲)	۰/۰۰۰۳ تا ۰/۰۰۰۵	تقریبا ۰/۲	پروفایل عمودی داده‌های هیدرولیکی و ایزوتوپی	تبخیر از خاک
هرینگتون و همکاران (۲۰۱۲)	–	تقریبا ۲۰ تا ۳۰۰	گازهای نجیب در آبخوان آزاد	تخلیه ترجیحی

۴-۳-۳-۳ جریان زیرسطحی

چنین در نظر گرفته شده است که جریان خروجی زیرسطحی تنها در حوضه رسوبی زیردریایی کارپنتاریا رخ می‌دهد. سطح پتانسیومتری اطراف خلیج کارپنتاریا نشان‌دهنده جریان آب‌های زیرزمینی از زمین زیر آب در خلیج کارپنتاریا می‌باشد. شواهد لرزه‌ای نشان می‌دهند که آبخوان‌های حوضه مذکور به صورت یک عدسی عمیق تا وسط خلیج گسترش می‌یابند (بین[1] و دراپر[2]، ۱۹۹۷). بنابراین هرگونه تخلیه باید از طریق نشت پراکنده به سازند فوقانی رولینگ داونز و سپس به رسوبات حوضه رسوبی کارومبا[3] صورت گیرد. میزان تخلیه مشخص نیست، ولی شواهد داستان‌گونه حاکی از آن است که در خلیج، انباشته‌های آب‌های تقریبا شیرین وجود دارند و میگوها در این مناطق جمع می‌شوند.

از آنجا که بیشتر چاه‌ها در این ناحیه به حوضه‌های رسوبی سه‌گانه فوقانی برخورد می‌کنند، داده‌های کافی برای تعیین دقیق مقطع جریان گرادیان وجود ندارد و جریان خروجی از رسوبات این حوضه به رسوبات فوقانی و در نتیجه به خلیج کارپنتاریا را نمی‌توان با دقت محاسبه کرد.

1. Bain
2. Draper
3. Karumba

۴-۴ کیفیت آب

بخش ۴-۴ (کیفیت آب) برگرفته از بررسی رادک و همکاران (۲۰۰۰) است.

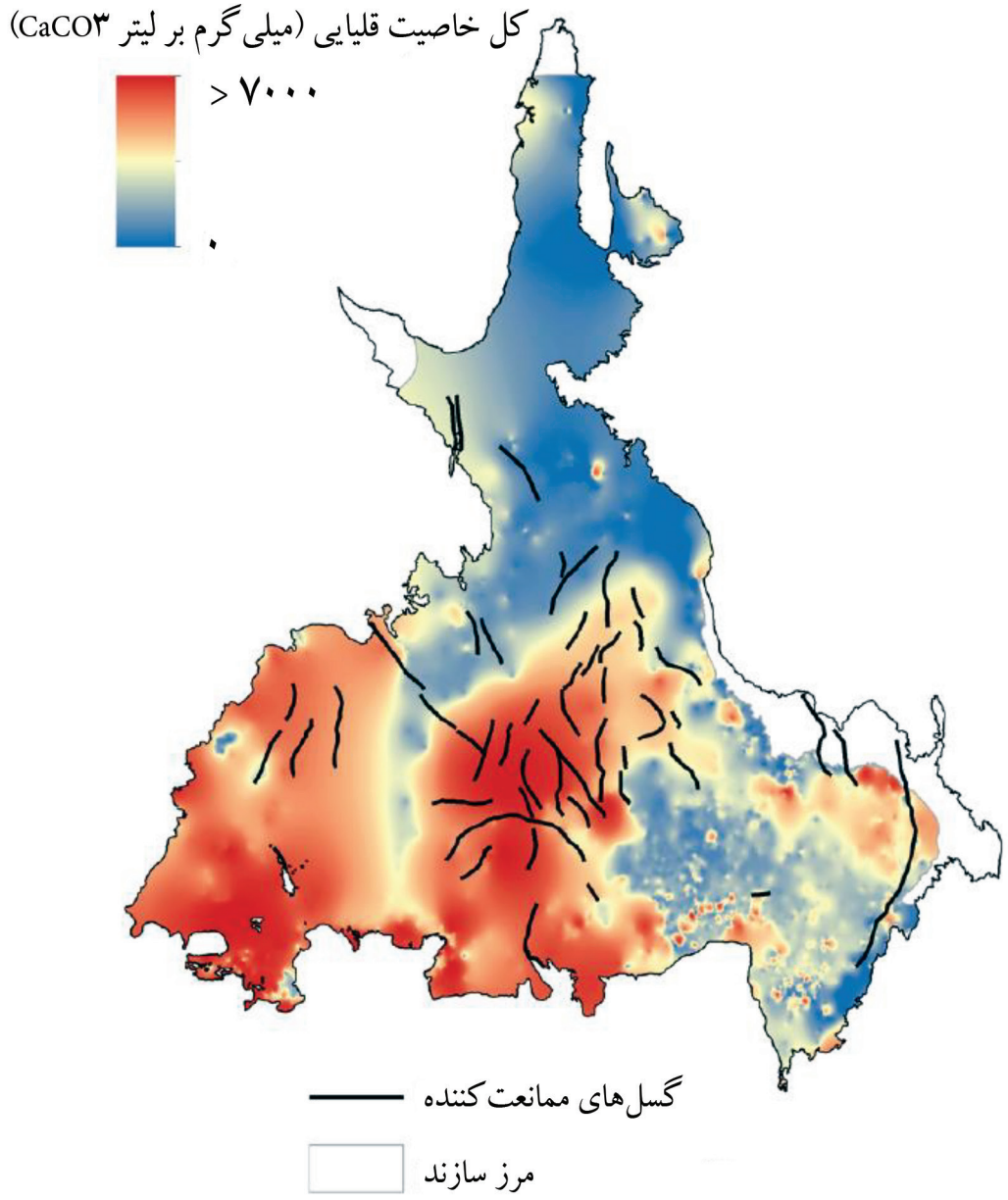
به طور کلی، آب زیرزمینی در اکثر آبخوان‌های مورد استفاده دارای کیفیتی متوسط تا خوب بوده و برای اهداف ذخیره‌سازی و مصرف خانگی و دام مناسبترین منبع آب محسوب می‌شود. از نظر شیمیایی، آب در قسمت شرقی و مرکزی از نوع بی‌کربنات (Na-HCO3-Cl) و در بخش غربی از نوع سولفاته (Na-SO4-Cl) است (هرزگ و همکاران، ۱۹۹۱). تکامل شیمی آب در طول خطوط جریان باعث افزایش غلظت سدیم و بی‌کربنات می‌شود. هرزگ و همکاران (۱۹۹۱) معتقدند که تغییرات در اثر واکنش‌های انتقال جرمی به وجود می‌آیند که شامل تبادل کاتیونی سدیم برای انحلال کلسیم/منیزیم کربنات و واکنش بین سدیم و کائولینیت برای تشکیل سدیم-اسمکتیت است.

۴-۴-۱ کل مواد جامد محلول

مقدار کل مواد جامد محلول[1] (TDS) در آب‌های زیرزمینی از کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا بیش از ۱۰هزار میلی‌گرم در لیتر متغیر است، هرچند معمولاً مقدار آن بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. مواد جامد محلول در مناطق تغذیه واقع در بخش شمالی حوضه رسوبی کارپنتاریا، بخش شمالی حوضه رسوبی ارومانگا و در فروبار کونامبل کمترین مقدار را دارند. کل مواد جامد محلول در برخی از بخش‌های منطقه تغذیه واقع در غرب حوضه رسوبی ارومانگا از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز می‌کند، به استثنای تغذیه از طریق انتشار مواد محلول در آبِ مرتبط با رودخانه فینک که در آن کل مواد جامد محلول برابر با ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر است.

بخش مرکزی حوضه ارومانگا که آب زیرزمینی نیمه‌محزای منطقه است (که ناحیه تقریبا ایزوله است)، همبستگی خوبی با گسلش منطقه‌ای داشته و دارای غلظت تقریباً بالایی از مواد جامد محلول هستند (شکل ۴-۱۰). به همین ترتیب، در منطقه غربی، در غرب خط‌الرأس بردزویل تراک نیز مقادیر بالایی از مواد جامد محلول وجود دارد، در حالی که آب‌های زیرزمینی در اطراف این محدوده کمتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است.

1. total dissolved solids

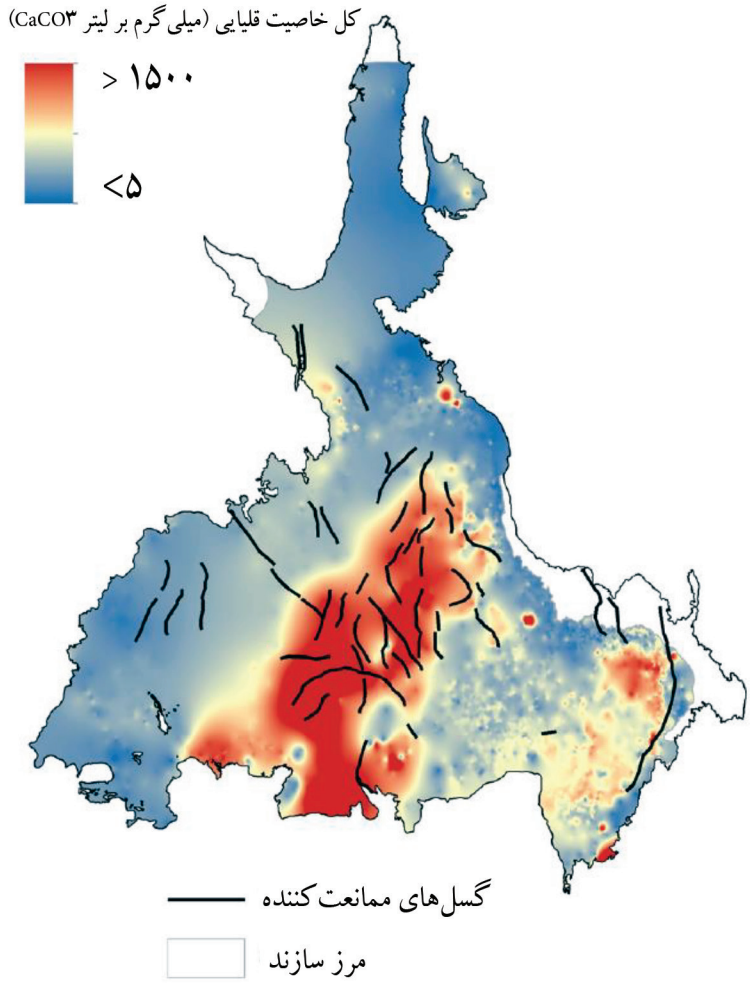


شکل ۴-۱۰: کل مواد جامد محلول در آبخوان کادنا-اووی-هورای (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۴-۲ خاصیت قلیایی

خاصیت قلیایی آب برابر با مجموع کربنات و بی‌کربنات است که به صورت میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم بیان می‌شود. به طور کلی، آب زیرزمینی در مناطق تغذیه دارای خاصیت قلیایی پایین (کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) است و با افزایش خاصیت قلیایی، میزان گرادیان پتانسیومتری کاهش می‌یابد. مناطق بالایی خط‌الرأس نبین و کمان یورکا و همچنین منطقه‌ای که تحت تاثیر سیستم تغذیه و جریان بخش غربی اورومانگا قرار دارد، دارای خاصیت قلیایی پایینی

هستند. همانطور که در شکل ۴-۱۰ (کراس‌ول[1]، ۲۰۱۲) نشان داده شده است، آب زیرزمینی نیمه‌مجزا از توزیع خاصیت قلیائی آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه آن نیز مشهود است. این یافته قبلاً در بررسی رادک و همکاران (۲۰۰۰) نشان داده شده است، ولی داده‌های دیگر ازجمله گسلش بر روی نقشه‌ها نیز همبستگی خوبی با داده‌های سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱۱: کل خاصیت قلیائی آبخوان کادنا-اووی - هورای (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۴-۳ کلرید

غلظت کلرید آب‌های زیرزمینی معمولاً کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند، اما در بخش مرکزی و غربی ارومانگا عمدتاً از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز می‌کند. در منطقه جنوب غربی، غلظت کلرید می‌تواند از ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فراتر رود. کمترین غلظت کلرید در قسمت شمالی حوضه رسوبی کارپنتاریا، در منطقه تغذیه شمالی حوضه رسوبی ارومانگا رخ می‌دهد که تا کمان یوروکا، در اطراف منطقه یولو آوتلایر[2] و اطراف منطقه تغذیه فروبار کونامبل امتداد دارد.

1. Cresswell
2. Eulo Outlier

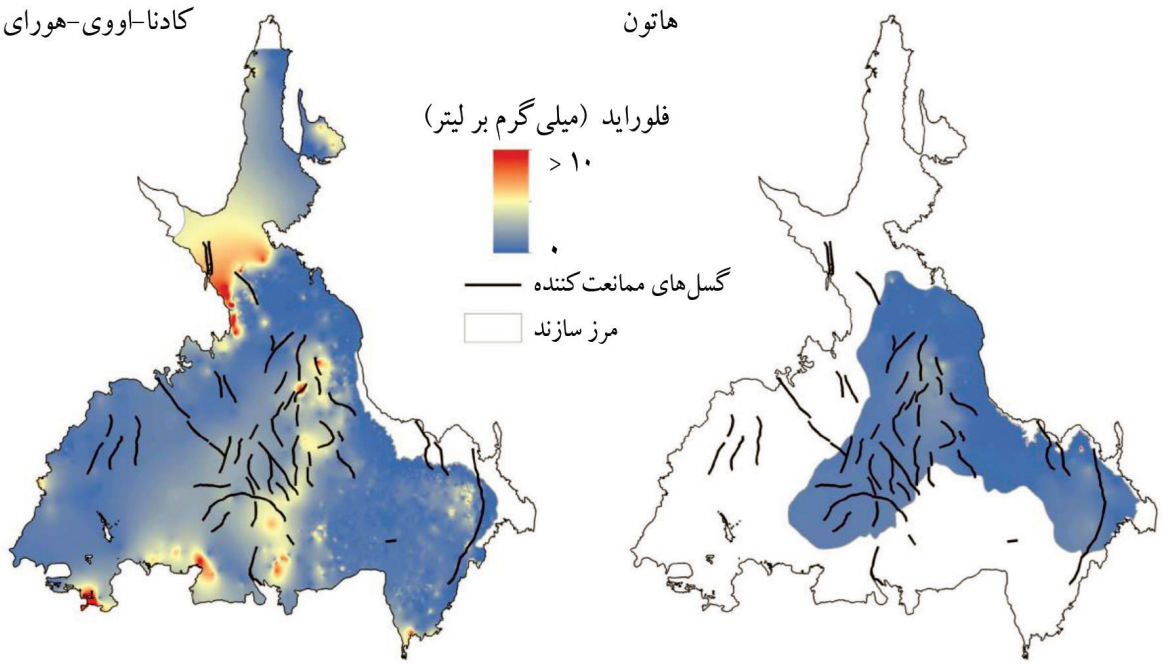
۴-۴-۴ فلوراید

فلوراید از این جهت عنصر مهمی است که با وجود این‌که تمامی عناصر دیگر به میزان مناسب در بسیاری از نقاط حوضه آرتزین بزرگ یافت می‌شوند، ولی غلظت فلوراید در این آبخوان بیشتر از سطح قابل قبول برای ذخیره‌سازی و مصرف خانگی و دام است. حداکثر سطح فلوراید توصیه‌شده برای آب آشامیدنی برابر با ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر است که توسط شورای ملی سلامت و تحقیقات پزشکی[1] (NHMRC، ۲۰۰۴) برای مصرف انسان در شرایط عادی توصیه می‌شود. در حال حاضر مطابق دستورالعمل‌های مربوطه، میزان فلوراید در آب ذخیره شده برابر با ۲ میلی‌گرم در لیتر در ذخایر جدید و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در ذخایر قدیمی‌تر است (کاکس و بارون، ۱۹۹۸). مشکلات فلوراید اغلب با تغلیظ در اثر تبخیر در طول کانال‌ها تشدید می‌شود. به منظور مصرف آب با فلوراید رقیق‌شده، بسیاری از دامپروران و گله‌داران مجبورند دامداری خود را به نحوی مدیریت کنند که اطمینان حاصل شود که گاوهای جوان در نزدیکی خروجی آب که از کانال روباز جریان دارند، آب بخورند.

رادک و همکاران (۲۰۰۰) معتقدند که تنوع منطقه‌ای غلظت فلوراید، منحصر به فرد است و با بیشتر یون‌های مهم تفاوت قابل توجهی دارد.

همچنین، از آنجا که فلوراید در تغذیه آب زیرزمینی به میزان قابل توجهی وجود ندارد، بر اساس غلظت فلوراید تا حدی می‌توان به پتانسیل تخلیه آب زیرزمینی پی برد. فلوراید عنصری است که به نظر می‌رسد در تماس با سطوح گرانیتی که در اعماق زمین هستند، حاصل می‌شود و توزیع غلظت فلوراید در سراسر حوضه آرتزین بزرگ (شکل ۴-۱۱) نشان‌دهنده مناطقی است که در آن‌ها نشت عمودی از آبخوان‌های زیرین به این حوضه متداول است. به ویژه، غلظت‌های چشمگیر فلوراید در اطراف لانگریچ و گسترش آن تا کوئینزلند – نیو ساوت ولز – استرالیای جنوبی می‌تواند با گرانیت‌های عمیق (رادک، ۲۰۰۹) ارتباط داشته باشد که نشان می‌دهد نشت عمودی در این محل اتفاق می‌افتد.

1. National Health and Medical Research Council



شکل ۴-۱۲: غلظت فلوراید آب‌های زیرزمینی در آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه (چپ) و آبخوان هاتون (راست). مقادیر بالا (قرمز) نشان‌دهنده مناطقی است که در آنها، نشت رو به بالا در آبخوان‌های حوضه آرتزین بزرگ رخ می‌دهد (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۴-۵ عناصر دیگر

توزیع عناصر دیگری که معمولاً در آب‌های زیرزمینی یافت می‌شوند، بر اساس بررسی رادک و همکاران شرح داده شده است (۲۰۰۰).

کلسیم معمولاً بسیار کم است، مگر در بخش غربی حوضه رسوبی ارومانگا که غلظت آن ممکن است بیش از ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد.

معمولاً در قسمت اعظم حوضه آرتزین بزرگ سولفات کمی وجود دارد. البته، یک ناهنجاری عمده در بخش غربی حوضه رسوبی ارومانگا مشاهده می‌شود و ممکن است این بخش حاوی بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات باشد. ناهنجاری‌های دیگری در امتداد لبه شرقی ارومانگا و همچنین در بخش جنوبی ارومانگای مرکزی به چشم می‌خورند. به نظر می‌رسد اغلب ناهنجاری‌ها به زمین‌شناسی پی‌سنگ مرتبط باشند و با خطوط جریان ارتباط کمی داشته باشند.

غلظت سدیم با غلظت کلرید قابل مقایسه است و به طور کلی، غلظت آن از مناطق تغذیه و در امتداد خطوط جریان افزایش می‌یابد. در مناطق دیگر به غیر از مناطق جنوب غربی حوضه رسوبی ارومانگا، منیزیم معمولاً به میزان کم یافت می‌شود. غلظت پتاسیم نیز در مناطق دیگر به استثنای بخش غربی و جنوبی حوضه رسوبی ارومانگا، پایین است.

۴-۴-۶ سایر موارد مربوط به کیفیت آب

۴-۴-۶-۱ آهن

آهن محلول در قسمت اعظم آب‌های حوضه آرتزین بزرگ بسیار کم است و نگرانی در این زمینه وجود ندارد. با این حال، در ماسه‌سنگ‌های پرسیپس(صخره‌های پرتگاهی)[1]، آهن زیادی وجود دارد و باید قبل از استفاده از آب برای مصارف خانگی، آهن آن حذف شود.

۴-۴-۶-۲ نسبت جذب سدیم

بیشتر آب‌های زیرزمینی که از آبخوان‌های توالی‌های با سن کرتاسه پایین- ژوراسیک نشأت می‌گیرند، کیفیت قابل قبولی برای استفاده عمومی دارند؛ با این حال، در قسمت اعظم حوضه آرتزین بزرگ، آب از نظر شیمیایی با غالب خاک‌های رسی قابل تورم و مونتموریلونیتیک، ناسازگار است. علت این امر پدیده تبادل کاتیونی است که در آن یون‌های سدیم در آب ترجیحاً با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در خاک رس مبادله می‌شوند و می‌تواند باعث آسیب به بافت خاک شود. معیار سنجش خطر سدیم آب که قابلیت آسیب‌رسانی به خاک دارد، نسبت جذب سدیم[2] (SAR) نامیده می‌شود و با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$SAR = \frac{(Na)^{+}}{\sqrt{\frac{1}{2}[(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})]}}$$

تأثیر مقادیر بالای نسبت جذب سدیم (SAR>۶) بر عملکرد خاک بستگی به نوع خاک دارد. در برخی از انواع خاک‌های رسی سنگین، آب می‌تواند باعث تراکم خاک شود و بدین‌ترتیب، مانع نفوذ آب و رشد گیاهان می‌شود. این مسأله نیز به نوبه خود می‌تواند بر مناطق آبیاری شده و یا جاهایی که آب آرتزین از کانال یا دهانه چاه سرازیر می‌شود، تأثیر بدی داشته باشد.

۴-۴-۶-۳ نهشته‌های کربناته

در برخی از مناطق حوضه آرتزین بزرگ که آب‌های زیرزمینی آرتزین داغ (بیش از ۶۵ درجه سانتیگراد) وجود دارد، ممکن است به علت کاهش حلالیت مواد معدنی ناشی از کاهش ناگهانی فشار و دما، مواد معدنی کربنات (تراورتن) در دهانه چاه یا خطوط لوله‌ها ته‌نشین شوند. در برخی موارد، نهشته‌های کربناته از داخل لوله جداری چاه به صورت یک روکش سفید بلورین شبیه به مرمر سفید (دولت کوئینزلند، ۱۹۵۴) ته‌نشین می‌شود. معمولاً در نزدیکی بالای لوله جداری چاه که بیشترین کاهش فشار مشاهده می‌شود، این نهشته‌های باقی‌مانده قرار دارند و در طول زمان باعث کاهش جریان در چاه یا خط لوله می‌شوند.

---

1. Precipice Sandstone
2. sodium absorption ratio

۴-۴-۶-۴ گازهای محلول

بیشتر چاه‌های آرتزین جریان‌دار در حوضه آرتزین بزرگ مقادیر مختلفی گاز تولید می‌کنند. نیتروژن، دی اکسید کربن، آرگون، هیدروژن و هیدروکربن‌ها اجزای اصلی گازها به شمار می‌آیند (هابرمهل، ۲۰۰۱).

آب چاه‌های آرتزین اغلب حاوی هیدروکربن‌ها می‌باشد و عمدتاً شامل متان (CH4) و مقادیر کمتر از اتان (C2H6) و هپتان (C7H16) هستند. اما، هیدروکربن‌های مایع نیز در آن شناسایی شده‌اند (هابرمهل، ۲۰۰۱).

در آبخوان‌های آرتزین در حوضه رسوبی ارومانگا، در شمال خط آگاتلا[1] به اداوال[2] در کوئینزلند (دولت کوئینزلند، ۱۹۵۴)، میزان چشمگیری دی اکسید کربن محلول وجود دارد. اهمیت آن به علت این است که دی اکسید کربن محلول در آب باعث تشکیل اسید کربنیک و کاهش pH آب می‌شود. از این رو، آب می‌تواند خورندگی بالایی نسبت به لوله جداری فولادی داشته باشد. به همین دلیل بسیاری از چاه‌ها در یک وضعیت کنترل نشده هستند، زیرا لوله جداری فولادی توسط آب حاوی دی اکسید کربن محلول خورده شده است.

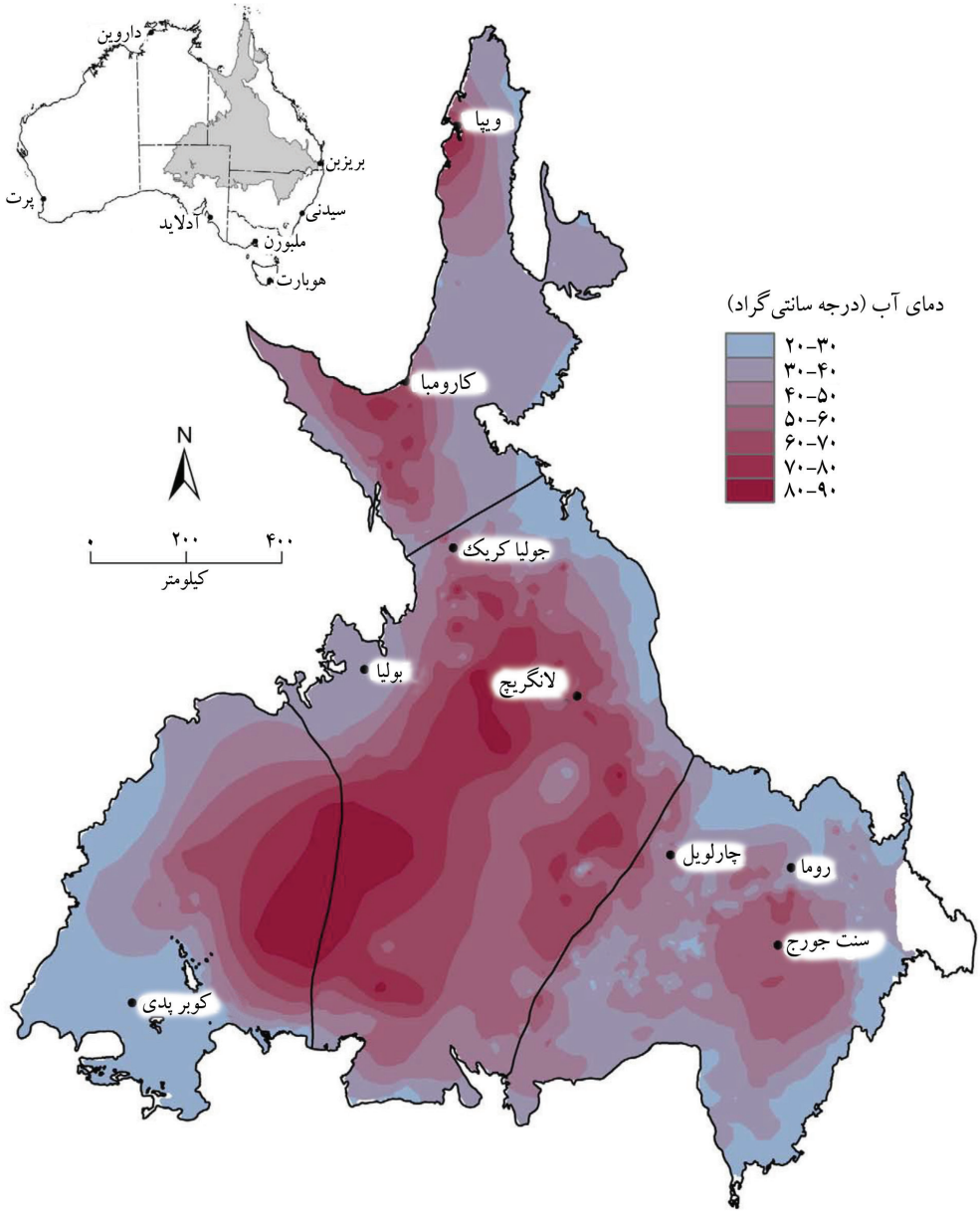
۴-۵ دما

دمای آب زیرزمینی آرتزین از همان روزهای اولیه توسعه در سطح محاسبه شده است (ICAW، ۱۹۱۳؛ ۱۹۱۴؛ ۱۹۲۲؛ ۱۹۲۵؛ و ۱۹۲۹)، اما دماهای درون‌چاهی[3] و دماهای داخل آبخوان‌ها به وسیله حفاری و استفاده از تجهیزات درون‌چاهی از دهه ۱۹۶۰ تا به حال محاسبه شده‌اند. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته توسط اداره منابع معدنی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیک[4] (BMR) (که در حال حاضر سازمان زمین‌شناسی استرالیا[5] نامیده می‌شود) داده‌های مربوط به دمای درون‌چاهیِ حدود ۱۲۵۰ چاه آب در کوئینزلند، نیو ساوت ولز و مناطق قلمرو شمالی بین سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۵ (هابرمهل، ۲۰۰۱b) ثبت شده است. علاوه بر این، داده‌های مربوط به دما از چاه‌های نفت و چاه‌های اکتشافی نفت در جنوب غربی کوئینزلند و شمال شرق استرالیای جنوبی (پیت[6]، ۱۹۸۶) نیز جمع‌آوری شده‌اند. مجموعه داده‌های اداره منابع معدنی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیک و سازمان پتروشیمی برای تهیه نقشه‌های دمای آب زیرزمینی و نقشه‌های شیب زمین گرمایی به کار برده شده‌اند (هابرمهل، ۲۰۰۱b).

به‌روزترین داده‌های مربوط به دمای آب‌های زیرزمینی در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده‌اند و البته این نقشه حاوی داده‌های قدیمی نیز می‌باشند. دمای بالای آب‌های زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ حاکی از منبع بالقوه انرژی زمین گرمایی است و به همین دلیل برخی از پروژه‌های انرژی زمین گرمایی در آن توسعه یافته‌اند. به عنوان مثال، یک نیروگاه زمین گرمایی در بردزویل (در مرز بین مناطق مرکزی و غربی ارومانگا) ساخته شده است که در آن دمای آب زیرزمینی در سطح زمین برابر با ۹۰ درجه سانتی‌گراد است (هابرمهل و پستوو[7]، ۲۰۰۲). با توجه به بالا بودن دمای آب

1. Augathella
2. Adavale
۳. اشاره به دمای فضای داخلی چاه یا میانه چاه دارد. در اندازه‌گیری دما سه منطقه اندازه‌گیری می‌شود، سطح بیرونی چاه، داخل چاه و انتهای چاه یا کف آن.
4. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics
5. Geoscience Australia
6. Pitt
7. Pestov

چاه‌های آب آرتزین جریان‌دار، برای استفاده از آب به‌عنوان آب آشامیدنی در شهرها و خانه‌ها و همچنین برای استفاده در دامپروری و گله‌داری باید آن را خنک کرد. همچنین، بین دمای آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌ها و عمق آبخوان‌ها همبستگی وجود دارد. بخش‌های کم‌عمق حوضه آرتزین بزرگ که در آن آبخوان‌ها نسبتاً نزدیک به سطح زمین مثلاً در نزدیکی مناطق تغذیه هستند، حاوی آب نسبتاً خنک با دمای تنها تا ۴۰ درجه سانتیگراد هستند. در مناطق با عمق متوسط، دمای آب بین ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد است و دمای آب در بخش‌های عمیق‌تر این حوضه بالاتر بوده و بین ۶۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد می‌باشد (هابرمهل، ۲۰۰۱a).



شکل ۴-۱۳: دمای آب زیرزمینی آبخوان کادنا-اووی-هورای و آبخوان‌های مشابه که بر اساس بررسی‌های درون‌چاهی، انتهای چاه (کف چاه) و سطح (فوران آزاد) محاسبه شده است (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

فصل پنجم:

بوم‌شناسی

۵-۱: بوم‌شناسی مناطق خشک

اقلیم بسیار متغیر، به ویژه از نظر بارندگی، ویژگی بارز منطقه خشک استرالیا محسوب می‌شود. دوره‌های خشکسالی طولانی‌مدت با رخدادهای بارندگی شدید و گاهی فوق‌العاده شدید مشخص می‌شوند. این رخدادهای نامتناوب بارندگی اغلب باعث خشکیدگی گیاهان و گسترده بوته‌ها می‌شوند. موجودات زنده موجود در این منطقه ناگزیر بودند نه تنها در شرایط خشکسالی طولانی‌مدت، بلکه با وجود این اختلالات دوره‌ای سیلاب و آتش‌سوزی نیز رشد یابند و خود را با شرایط وفق دهند.

گیاهان با خشکسالی شدید منطقه به روش‌های گوناگونی مقابله می‌کنند که از گیاهان فصلی و غیرمقاوم به خشکی که فقط پس از بارندگی کافی شروع به جوانه‌زدن می‌کنند تا گیاهان تحمل‌کننده خشکی مانند علف تیغ‌دار[1] گسترده را شامل می‌شوند. بعضی از گیاهان پیش از اینکه بتوانند از طریق تولید بذر و جوانه‌زنی به طور موفقیت‌آمیزی دوباره رشد کنند، به سوزاندن یا جذب میوه توسط عوامل پراکنده‌ساز چرخه حیات نیاز دارند که پس از بارندگی‌های مناسب اتفاق می‌افتد.

بر اساس الگوهای بارش پس از آتش‌سوزی و خشکسالی می‌توان مشخص کرد که کدام گونه‌ها دوباره رشد می‌کنند و به وجود می‌آیند. این گونه‌ها به نوبه خود با گیاه‌خواران مهره‌دار و بی‌مهره تعامل داشته و در مناطق با قابلیت رشد جدید و مطبوع جذب می‌شوند.

حیوانات هم در مناطقی که تعداد معدودی منبع دائمی آب آشامیدنی وجود دارد، جمعیت خود را به روش‌های مختلفی حفظ می‌کنند. نمونه‌های اصلی شامل کانگوروهای دم‌قلمویی[2] متوسط می‌باشد که تعداد آن‌ها با توجه به تغییر شرایط فصلی بسیار متغیر است و با توجه به رژیم همه چیزخواری آن‌ها، رطوبت کافی برای بقای آن‌ها از طریق غذا در زمان خشکسالی و حتی عدم دسترسی به آب آشامیدنی تامین می‌شود. نمونه‌های دیگر شامل بیشتر خزندگان و بسیاری از پرندگان حشره‌خوار می‌باشد که بدون دسترسی به آب آشامیدنی زنده می‌مانند.

با این حال، سایر گونه‌ها تنها با قرارگیری در زیستگاه‌های اصلی یا پناهگاه‌ها مانند چشمه‌ها و تالاب‌های حوضه آرتزین بزرگ، دوره‌های عمده خشکسالی را پشت سر می‌گذارند. در حالی که پناهگاه‌های تالاب اصلی در چنل کانتری[3]، برای مثال دریاچه کونگی[4] و تالاب کولامورا[5] در سیستم کوپر کریک به نوبه خود از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، ولی پناهگاه‌های تالاب دائمی اغلب در مجاورت انبوهی از چشمه‌های اصلی مانند چشمه‌های دالهاوزی و گروه چشمه‌های دریاچه‌ی ایر قرار دارند.

---

1. Spinifex
2. Bettongs
3. Channel Country
4. Coongie
5. Cullamurra

۵-۲ چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ

چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ در چشم‌انداز متنوعی از مناطق گرمسیری مرطوب و یا خشک در شمال تا چشم‌انداز خشک مناطق داخلی جنوب غربی گسترش می‌یابند؛ چشمه ها عمدتاً در اطراف و حاشیه این حوضه آبخیز قرار دارند و در ۱۲ ابرگروه منطقه‌ای اصلی دسته‌بندی می‌شوند. بررسی مکان چشمه‌ها، تعداد، مدل‌ها و روش‌های طبقه‌بندی موجود نشان می‌دهد که چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ در سراسر این حوضه فقط برای چشمه‌هایی با مقیاس‌های مرکب- با ۴۹۱ مجموعه چشمه ثبت‌شده- نگاشت و طبقه‌بندی شده‌اند(اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲). یک مجموعه چشمه ممکن است شامل چندین گروه از چشمه‌ها باشد که همگی به یک مکان و ویژگی(های) آب‌زمین‌شناختی خاص نسبت داده می‌شوند. بین ایالت‌ها، نگاشت چشمه‌ها با سطوح مختلفی از دقت به شرح زیر صورت گرفته است: نگاشت بسیار دقیق تقریباً تمام خروجی‌های چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ در استرالیای جنوبی که ارتفاع خروجی را نیز شامل می‌شود؛ نگاشت بیشتر چشمه‌های کوئینزلند که تحت حفاظت زیست‌محیطی قرار دارند؛ و نگاشت چشمه‌های نیو ساوت ولز که از سال ۲۰۱۳ اصلا به‌روزرسانی نشده‌اند.

ارزش‌های بوم‌شناختی چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ در مقیاس ملی بر اساس فهرستی از چشمه‌های این حوضه تعیین شده‌اند که مطابق قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی (۱۹۹۹) به عنوان چشمه‌های در معرض خطر در نظر گرفته شده‌اند. مطابق قانون مذکور، «جامعه گونه‌های بومیِ وابسته به تخلیه طبیعی آب‌های زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ» به‌عنوان جامعه اکولوژیکی در معرض خطر فهرست شده است. مطابق این قانون، جوامع اکولوژیکی فهرست شده به عنوان جوامعی در نظر گرفته می‌شوند که از اهمیت زیست‌محیطی بالایی در کشور برخوردارند. هر اقدامی که احتمالاً تأثیر قابل توجهی بر این گونه‌ها و جوامع اکولوژیکی در معرض خطر داشته باشد، باید به شخص وزیر ارجاع شود و ارزیابی زیست‌محیطی آن انجام شود تا برای تصویب آن اقدام لازم صورت گیرد.

در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در زمینه شناخت اکولوژی چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ انجام شده است. به عنوان مثال متن زیر از تحقیق گاچ[1] (۲۰۱۳) اقتباس شده است.

گاچ (۲۰۱۳) به طور عمده بر روی جانوران بی‌مهره آبزی از ابرگروه دریاچه ایر متمرکز بود.

چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ، به‌خصوص با توجه به اندازه پراکندگی و محل این زیستگاه‌های منطقه خشک، منطقه‌ای با اندمیک غنی در استرالیا به شمار می‌آیند. زیستگاه چشمه‌های این حوضه به طور کلی به وسیله دولت مرکزی به عنوان یک منطقه منحصر به فرد از نظر زیست‌شناختی، فرهنگی و آب‌زمین‌شناختی شناخته می‌شود. گیاهان و جانوران بومی که در این چشمه‌ها زندگی می‌کنند، بقایای زمانی محسوب می‌شوند که منطقه خشک استرالیا «گرم و مرطوب» بوده است و احتمالا نشانه سلامت آب چشمه‌ها هستند.

سایمون (۱۹۸۵) گیاهان موجود در چشمه‌های مذکور را توصیف کرده و گونه‌های گیاهی بومی و رلیکت متعددی را در این چشمه‌ها شناسایی کرده است: گیاه بومی Salt Pipewort (Eriocaulon carsonii)[2] و دو گونه رلیکت Gahnia trifida و Baumea juncea از جمله این گونه‌های گیاهی به شمار می‌آیند. بررسی‌های متعددی در زمینه زیست‌شناسی و

1. Gotch

۲. گیاه علفی از راسته گندم‌سانان

ژنتیک جمعیت E. caronii انجام شده است (دیویس و همکاران، ۲۰۰۷؛ دیویس *و همکاران*، ۲۰۱۰)، البته دو گونه G. trifida و B. juncea در فصل ۵ با عنوان تخصیص آب و نگهداری چشمه‌ها در حوضه آرتزین بزرگ (NWC، ۲۰۱۳) مورد بررسی بیشتری قرار خواهند گرفت. این دو گونه نشان‌دهنده جمعیت‌های مجزایی هستند که توزیع نرمال آنها در جنوب شرق استرالیا می‌باشد (سایمون، ۱۹۸۵). پوشش گیاهی کانال‌ها چاه با پوشش گیاهی چشمه‌های این حوضه آبخیز تفاوت دارد (فچن[1] و فچن، ۱۹۹۳). با وجود گونه‌های لوئی[2] (Typha) به جای گونه‌های تیره گندمیان (Phrag-mites)، تنوع گیاهی کمتر شده است. گیاه bore-drain Sedge (Cyperus Laevigatus)[3] نیز متداول است و گونه‌های بومی و رلیکت وجود ندارند.

بسیاری از چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ حاوی میکرواستروماتولیتی‌هایی[4] هستند که بسیار کم شناخته شده‌اند. در بررسی‌های قبلی حدس زده شده بود که این ارگانیسم‌ها، عوامل مهمی در ایجاد تپه‌هایی هستند که ویژگی بارز چشمه‌های واقع در حاشیه غربی این حوضه هستند و اخیراً در تحقیقاتی که به عنوان بخشی از این پروژه انجام شده‌اند، این موضوع مورد تایید قرار گرفته است (کپل[5] و همکاران، ۲۰۱۱؛ کپل *و همکاران*، ۲۰۱۳).

چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ که در منطقه تغذیه‌کننده غربی واقع هستند، از تنوع جانوران بومی فصلی برخوردارند (گاچ، ۲۰۰۵؛ فنشمن و همکاران، ۲۰۱۰). این چشمه‌ها عمدتا به دلیل نوع جانورانی که در آن منطقه زندگی می‌کنند به همراه ریخت‌شناسی متمایزی که دارند تحت حفاظت قرار دارند (هیل[6]، ۲۰۱۰). به دلیل ماهیت غیر معمول گونه‌ها، جانوران آبزی بومی این چشمه‌ها، جانداران آن در گذشته به خوبی مستندسازی شده‌اند. حلزون‌های هیدروبیدی از جمله Fonscochlea و Trochidrobia (پاندر[7]، ۱۹۸۵؛ پاندر، ۱۹۸۹؛ پاندر و همکاران ۱۹۸۹؛ پاندر و همکاران ۱۹۹۵؛ پاندر ۲۰۰۴؛ وورتینگتون ویلمر[8] *و همکاران* ۲۰۰۸)، سخت‌پوستان کف‌زی (استراکودها) از جمله Ngarawa dirga (دی دکر[9]، ۱۹۷۹)؛ سخت‌پوستان از جنس و گونه Austrochiltonia (زیدلر[10]، ۱۹۸۹؛ کینگ[11]، ۲۰۰۹؛ مورفی[12] و همکاران، ۲۰۰۹) و هزارپایان از جنس و گونه Phreatomerus (مورفی و همکاران، ۲۰۱۰) از جمله گونه‌های مهم بی‌مهرگان به شمار می‌آیند. چشمه‌های مذکور همچنین زیستگاه گونه‌های ماهی‌های بومی بوده (گلاور[13]، ۱۹۹۰) و به همراه کانال‌ها، زیستگاه‌های مهمی برای پرندگان مهاجر و تالابی به شمار می‌آیند (بدمن[14]، ۱۹۸۷). به استثنای

---

1. Fatchen

۲. سرده‌ای شامل حدود ۳۰ گونه از گیاهان گلدار تک‌لپه‌ای از خانواده‌ی لوئیان، که در زیستگاه‌های مرطوب جهان مخصوصاً نیم‌کره شمالی در اطراف تالاب‌ها می‌رویند.

۳. از سرده اویار سلام و تیره جگنیان که از گیاهان علفی هرز بوده و بعد از آبیاری رشد می‌کند.

4. Microstromatolites
5. Keppel
6. Hale
7. Ponder
8. Worthington Wilmer
9. De Deckker
10. Zeidler
11. King
12. Murphy
13. Glover
14. Badman

چاه‌هایی که در گروه‌های چشمه‌ها حفر شده‌اند، هیچگونه گیاه و جانور بومی آبزیِ چشمه‌ها در تالاب‌های کانال‌ها در استرالیای جنوبی یافت نشده است (گاچ، ۲۰۱۳).

علاوه بر جانوران آبزی، تعدادی از جانوران وابسته به آب در خشکی در این چشمه‌ها وجود دارند که تقریبا تاکنون، اغلب محققان از آنها چشم‌پوشی کرده‌اند. نمونه‌هایی از این منطقه توسط کاوشگران و طبیعت‌شناسان اولیه جمع‌آوری شده‌اند، اما اغلب اطلاعات دقیق محل ضبط نشده و یا مجموعه‌های آنها به طور مناسبی ذخیره نشده‌اند و در نتیجه نمونه‌ها آسیب دیده‌اند (پولین[1]، ۱۹۱۴). بررسی‌های بعدی به طور دقیق‌تر انجام شدند، اما این بررسی‌ها معمولا در زمینه تنوع زیستی در دوره‌هایی بودند که نمونه‌ها به طور محدودی جمع‌آوری شده بودند (گرین اسلید[2]، ۱۹۸۵).

جانوران چشمه‌ها

چشمه‌های حاشیه غربی حوضه آرتزین بزرگ حاوی مجموعه جانوران بومی خود از جمله تاکسونهای آبزی و جانوران مرتبط با حاشیه‌های مرطوب چشمه‌ها هستند. این جانوران از این جهت متمایزند که به مدت طولانی محدود به واحدهای آبی واقع در صحرا بوده‌اند و باعث شکل‌گیری تعداد زیادی از گونه‌های بومی موجود شده‌اند. وضعیت کنونی بی مهرگان بومی این چشمه‌ها قبل از سال ۲۰۰۸ این بود که به جز حلزون‌های هیدروبیدی (پاندر و همکاران، ۱۹۸۹؛ پاندر *و همکاران*، ۱۹۹۵)، تمام گروه‌های رده‌بندی شده دیگر به عنوان مثال رده سخت‌پوستان (چیلتون[3]، ۱۹۲۲؛ هرلی[4]، ۱۹۵۹؛ دی دکر ۱۹۷۹)، گونه‌های گسترده واحدی را در کل نقاط جنوب دریاچه‌ی ایر حفظ کردند. با این حال، بر اساس شواهد موجود، این فرضیه به طور کلی به مثابه ناچیز پنداشتن تنوع زیستی واقعی در منطقه محسوب می‌شود.

گیاهان چشمه‌ها

گیاهان تالابی که بسیاری از آنها در سایر نقاط منطقه خشک یافت نمی‌شوند، توسط چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ حمایت می‌شوند. منطقه تالاب که توسط چشمه‌های منفرد در استرالیای جنوبی حفاظت می‌شود، معمولاً کمتر از ۱۰۰ متر مربع می‌باشد، گرچه بعضی از چشمه‌ها در ابرگروه دریاچه ایر از تالاب‌هایی حفاظت می‌کنند که چندین هکتار را پوشش می‌دهند (با استناد به داده‌های ارائه شده در بررسی گاچ، ۲۰۱۳). هفت گونه گیاهی در معرض تهدید در چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ وجود دارند که از جمله می‌توان به گونه در معرض انقراض کشور به نام Salt Pipewort (Eriocaulon carsonii ssp. carsonii) اشاره کرد که تنها در این چشمه‌ها یافت می‌شود (دیویس و همکاران، ۲۰۰۷). جمعیت سه گیاه (Baumea juncea، Gahnia trifida و Utricularia Dicotoma)[5] واقع در چشمه‌های مذکور از این جهت که تفاوت عمده از زیستگاه طبیعی خود در تالاب‌های ساحلی معتدل را نشان می‌دهند، از نظر زیست جغرافیایی حائز اهمیت هستند (هریس[6]، ۱۹۹۲). غنای گونه گیاهی در چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ از شرق به غرب این حوضه کاهش می‌یابد. بزرگترین تنوع گونه‌ای در منطقه تغذیه‌کننده شرقی

1. Pulline
2. Greenslade
3. Chilton
4. Hurley

۵. گیاه علفی گلدار از تیره نعناسانان و خانواده علف انبانیان

6. Harris

یافت می‌شود که به سمت غرب به سوی دریاچه ایر کاهش می‌یابد، زیرا زیستگاه اطراف چشمه‌های مذکور به طور روزافزونی خشک می‌شوند (فنشمن، داده‌های منتشر نشده).

کانال‌ها و چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ از تعدادی از گونه‌های گیاهی تالابی حفاظت می‌کنند که در منطقه خشک کمیاب و نادر هستند. البته، گونه‌هایی که در کانال‌ها پدید می‌آیند، عمدتاً از گیاهان چشمه متمایز هستند (بدمن، ۱۹۹۹) و نمونه‌های معدودی از این زیستگاه‌ها وجود دارند که توسط گیاهان بومی تالاب‌های چشمه‌ها کلونیزه می‌شوند (فنشمن و همکاران، ۲۰۰۸). با استفاده از بررسی‌های بدمن (۱۹۹۵ و ۱۹۹۹) و فچن (۱۹۹۳) به عنوان یک بررسی راهنما، گونه‌های متعددی که عمدتاً در چشمه‌های این حوضه یافت می‌شدند، برای یک گروه بررسی متمرکز شناسایی شدند. گروه دیگری از گونه‌های تالاب مورد بررسی، شامل گونه‌هایی است که می‌توان آنها را در این چشمه‌ها و دیگر محیط‌های تالابی منطقه پیدا کرد.

جوامع گیاهی در چشمه‌های منفرد می‌توانند بسیار پویا باشند. به عنوان مثال، بین سال‌های ۱۹۸۳ و ۱۹۹۲ تعدادی از گونه‌های گروه متمرکز مشاهده شدند که کلونیزه شده و یا به صورت محلی در چشمه‌های منفرد منقرض شدند (فچن و فچن، ۱۹۹۳). گیاه Bore-drain Sedge (Cyperus laevigatu) اغلب اولین گونه کلونیزه شده چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ می‌باشد (فنشمن و همکاران، ۲۰۰۴)، اما ظاهراً الگوی مشخصی از توالی در چشمه‌های این حوضه در استرالیای مرکزی وجود ندارد (فچن و فچن، ۱۹۹۳). بلکه، گونه‌ها بصورت فرصت‌طلبانه در زیستگاه‌های موجود که از طریق تشکیل چشمه‌های جدید، تغییر موقعیت چشمه‌ها و یا حذف پوشش گیاهی از طریق علف‌چرانی ایجاد می‌شوند، کلونیزه خواهند شد.

گیاهان در تالاب‌های چشمه‌های این حوضه با خطرات متعددی مواجه هستند و مهمترین آنها شامل کاهش جریان چشمه به دلیل افت سطح آب آبخوان می‌باشد (فنشمن و همکاران، ۲۰۰۸). به نظر می‌رسد که افت سطح آب باعث شده است که گونه بومی در معرض خطر انقراض E. carsonii در این چشمه‌ها نسبت به نوع محلی خود در چشمه‌های وی واتا[1] در نیو ساوت ولز منقرض شود (چمبرز[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

حیوانات اهلی، حیوانات شکاری و بومی با چریدن، ریشه‌کن کردن و لگد کردن پوشش گیاهی این چشمه‌ها تأثیر نامطلوبی بر آن‌ها داشته‌اند. این تاثیرات در چند چشمه و گروه چشمه‌ها از طریق حصارکشی برای ممانعت از ورود آنها کنترل شده است. با این حال، پس از تکثیر نی معمولی[3] (Phragmites australis) در برخی از چشمه‌ها و کاهش سایر گونه‌های گروه متمرکز از جمله E. carsonii که تعداد آن در گروه چشمه‌های هرمیت هیل[4] پس از نصب نرده‌ها در دهه ۱۹۸۰ که از ورود حیوانات اهلی ممانعت شد، دچار کاهش قابل توجهی شد. (فچن و فچن، ۱۹۹۳؛ دیویس و همکاران، ۲۰۱۰).

1. Wee Watta
2. Chambers
3. Common Reed
4. Hermit Hill

گونه‌های گیاهی غیربومی می‌توانند با رقابت بر سر منابع و یا حذف گونه‌های دیگر از زیستگاه تالاب، تاثیر نامطلوبی بر پوشش گیاهی چشمه داشته باشند. گونه‌های علفی علفزارهای تالابی شامل Urochloa mutica و Hymenachne amplexicaulis در ابرگروه چشمه‌های بارکالداین در کوئینزلند رشد کرده‌اند (فنشمن و همکاران، ۲۰۰۸). برنامه حذف نخل‌های خرما (Phoenix dactylifera) در چشمه‌های دالهاوزی موجب بازگشت حجم قابل توجهی از آب برای دسترسی سایر گیاهان شده است.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد اکولوژی این چشمه‌ها به فصل ۵ با عنوان تخصیص آب و نگهداری چشمه‌ها در حوضه آرتزین بزرگ (کمیسیون ملی آب، ۲۰۱۳) رجوع شود.

- **کمیسیون ملی آب**

http://archive.nwc.gov.au/library/topic/groundwater/allocating-water-and-maintaining-springs-in-th e-great-artesian-basin

برای کسب اطلاعات و بررسی‌های اکولوژیکی جدیدتر به لینک‌های زیر رجوع شود:

- طرح ملی بهبود جامعه گونه‌های بومی وابسته به تخلیه طبیعی آب‌های زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ

http://www.environment.gov.au/resource/national-recovery-plan-community-native-species-dependent-natural-discharge-groundwater

- ابزار جستجو در ارتباط با موارد تحت حمایت: از این ابزار جستجو برای تهیه گزارشی استفاده کنید که به کمک آن بتوانید مشخص کنید که موارد مربوط به اهمیت زیست‌محیطی ملی و یا سایر موارد تحت حمایت قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی (۱۹۹۹) احتمال دارد در منطقه مورد نظر شما رخ دهند یا خیر.

http://www.environment.gov.au/epbc/pmst/index.html

- ارزیابی منابع آب حوضه آرتزین بزرگ:

http://www.csiro.au/Organisation-Structure/Flagships/Water-for-a-Healthy-Country-Flagship/Sustainable-Yields-Projects/Great-Artesian-Basin-Assessment.aspx

۵-۲-۱ وضعیت زیست‌محیطی

قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی در سال ۱۹۹۹ تدوین شد و قانون مرکزی دولت استرالیا در حوزه محیط زیست به شمار می‌آید. مطابق قانون مذکور، چارچوبی قانونی برای مدیریت و حفاظت از مکان‌های میراث جهانی و اکولوژی آنها به شیوه مشخص شده در این قانون فراهم شده است.

برای اینکه یک مکان میراث جهانی یا یک جامعه زیست‌محیطی به عنوان مکان تحت حمایت این قانون فهرست شود، باید عوامل مهمی در ارتباط با آن شناسایی شوند و اقدامات لازم صورت گیرد. در این قانون ۹ عامل اصلی یا موارد مربوط به اهمیت زیست‌محیطی ملی[1] (MNES) به شرح زیر بیان شده است:

- ویژگی‌های میراث جهانی؛
- مکان‌های میراث ملی
- تالاب‌هایی که از اهمیت بین‌المللی برخوردارند (که اغلب پس از اینکه چنین تالاب‌هایی مطابق پیمان بین‌المللی تحت حمایت قانون قرار گرفتند، تحت عنوان تالاب‌های کنوانسیون «رامسر»[2] نامیده می‌شوند)؛
- گونه‌های ملی و جوامع اکولوژی در معرض تهدید؛
- گونه‌های مهاجر؛
- مناطق دریایی مشترک‌المنافع؛
- صخره‌های مرجانی بزرگ استرالیا[3]؛
- اقدامات هسته‌ای (از جمله استخراج اورانیوم)؛
- منبع آب در رابطه با توسعه گاز استخراج شده از زغال‌سنگ و توسعه معادن بزرگ زغال‌سنگ.

تعداد زیادی از چشمه‌ها با توجه به این‌که زیستگاه «جامعه گونه‌های بومیِ وابسته به تخلیه طبیعی آب‌های زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ» هستند، تحت حمایت قانون فوق‌الذکر (شکل ۴-۷) قرار دارند (دولت استرالیا، ۲۰۱۴). جوامع اکولوژیکی در داخل و اطراف چشمه با خطرات زیر مواجه هستند:

- افت سطح آب آبخوان؛
- حفاری چشمه‌ها؛
- گیاهان غیر بومی؛
- مزاحمت حیوانات اهلی و شکاری

1. Matters of National Environmental Significance
2. Ramsar
3. Great Barrier Reef Marine Park

- حیوانات آبزی غیر بومی
- دسترسی گردشگری
- حوضچه‌ها

در ارتباط با چشمه‌های آرتزین بزرگ که مطابق قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی تحت عنوان چشمه‌های «در معرض خطر» طبقه‌بندی شده‌اند، باید برنامه‌ای برای بازیابی آن‌ها طراحی و اجرا شود تا مطابق آن «اقدامات تحقیقاتی و مدیریتی ضروری جهت جلوگیری از افت جامعه اکولوژیکی مورد نظر و حمایت از بازیابی آن‌ها انجام شود و احتمال بقای طولانی‌مدت در طبیعت به حداکثر برسد» (قانون EPBC، ۱۹۹۹). در شکل ۴-۷ محل چشمه‌های این حوضه نشان داده شده است.

در برنامه‌ای که توسط فنشمن و همکاران (۲۰۱۰) برای بازیابی این چشمه‌ها تدوین شده است، تهدیدات و برنامه‌های بازیابی برای هر تهدید به طور مفصل شرح داده شده است. طرح ملی بازیابی جامعه گونه‌های بومیِ وابسته به تخلیه طبیعی آب‌های زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ در لینک زیر موجود است:

http//:www.environment.gov.au/resource/national-recovery-plan-community-native-species-dependent-natural-discharge-groundwater

کاهش افت سطح آب آبخوان از جمله این برنامه‌های بازیابی تهدید محسوب می‌شود که تاثیر مستقیمی در دسترسی به آب‌های زیرزمینی دارد. راهبردهای مدیریتی برای کاهش افت سطح آب چشمه‌ها عبارتند از: معرفی طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ در سطح ملی و برنامه‌های منابع آب در سطح ایالتی. این برنامه‌ها در بخش‌های ۷ و ۸ با جزئیات بیشتری شرح داده می‌شوند.

قانون ملی محیط زیست استرالیا تحت عنوان *قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی ۱۹۹۹* (قانون EPBC) در ماه ژوئن ۲۰۱۳ اصلاح شد و در آن چنین تصریح شد که منابع آبی در رابطه با توسعه گاز زغال‌سنگ و توسعه معادن زغال‌سنگ از اهمیت زیست‌محیطی ملی برخوردارند. اصلاحیه- لایحه اصلاحیه قانون مذکور (۲۰۱۳)- در تاریخ ۲۲ ژوئن ۲۰۱۳ آغاز شد.

عوامل اصلی تصریح شده در این قانون در ارتباط با آب این امکان را فراهم آورده‌اند که اثرات توسعه گاز زغال‌سنگ و توسعه معادن بزرگ زغال‌سنگ بر منابع آب به طور جامع در سطح ملی ارزیابی شوند.

http//:www.environment.gov.au/epbc/what-is-protected/water-resources

فصل ششم:

تاریخچه توسعه در حوضه آرتزین بزرگ

قبل از آغاز استعمار استرالیا توسط اروپائیان، استفاده از آب حوضه آرتزین بزرگ محدود به مقادیر آبی بود که از چشمه‌ها جاری می‌شد. غالباً برای مالکان بومی منطقه این حوضه، چشمه‌های واقع در نواحی داخلی خشک، اغلب تنها منبع مطمئن آب و مکان‌های اصلی شکار بودند. این مناطق به صورت مکان‌های فرهنگی ارزشمند و مقدس باقی مانده‌اند و با آمیزه‌ای از مراسم و داستان‌های بومی که ریشه در تاریخ نیاکان آنها دارد عجین شده‌اند تا قدرت فرهنگی چشمه‌های بسیاری را حفظ کنند. این بهره‌برداری نسبتاً محدود از این منبع آب بر توازن آب این حوضه تاثیر محسوسی نداشت، هرچند که گیاهان و جانوران محلی‌ای که حتی به این بهره‌برداری محدود از آب‌های زیرزمینی هم حساس هستند نیز ممکن است تحت تأثیر قرار گرفته باشند.

۶-۱ اکتشافات اولیه

نخستین چاه آرتزین ثبت‌شده در حوضه آرتزین بزرگ شامل چاه «وی واتا»[1] در ایستگاه کالارا[2] در نزدیکی تیلپا[3] در غرب نیو ساوت ولز بود که در سال ۱۸۷۸ حفاری شد و یک چاه دستی به عمق ۱۸ متر در آن حفر شده بود که با تراوش‌های آب از سرریز رودخانه پارو[4] برخورد کرد. در خشکسالی سال ۱۸۷۸، افزایش عمق همان چاه با استفاده از دکل حفاری با روش ضربه‌ای انجام شد و در عمق ۵۳ متری به آب آرتزین برخورد کرد. این کشف همراه با سایر اکتشافات اولیه و مطالعات هیدرولوژیکی در سال ۱۸۸۰ بر روی سیستم رودخانه دارلینگ نشان داد که ذخایر گسترده بیشتری در نقاط دیگر این منطقه نیز وجود دارند.

در سال ۱۸۸۳، اولین چاهی که از آب حوضه آرتزین بزرگ بهره‌برداری می‌کرد، در استرالیای جنوبی در تارکانینا[5] حفر شد. این چاه نیز در انتهای یک چاه به عمق کل ۳۷۳/۴ متری حفر شد.

در سال ۱۸۸۵، تحقیقات صورت گرفته به سرپرستی دکتر آر. ال. جک[6] (زمین‌شناس دولتی) و آقای جی. بی. هندرسون[7] (مهندس هیدرولیک) منجر به اولین برنامه حفاری چاه آرتزین در بلک آل[8]، کوئینزلند با استفاده از یک دکل حفاری نفتی از نوع PWBOR[9] شد. اولین جریان آرتزینی که قرار بود استحصال شود در سال ۱۸۸۷ در ایستگاه

1. Wee Wattah
2. Kallara Station
3. Tilpa
4. Paroo
5. Tarkannina
6. Dr R. L. Jack
7. Mr. J. B. Henderson
8. Blackall
9. Pennsylvanian Walking Beam Oil Rig

تورولگونیا[1] در نزدیکی کونامولا[2] قرار داشت و با استفاده از دکل CPTR[3] به دست آمد. این دکل حفاری همچنین در سال ۱۸۸۷ برای حفر یکی دیگر از چاه‌های آرتزین موفق در بارکالداین به کار گرفته شد (دولت کوئینزلند، ۱۹۵۴).

در سال ۱۸۹۸، چاه آناکورا[4] توسط دولت استرالیای جنوبی، در قلمرو شمالی استرالیا حفر شد. این چاه، از نظر آب آرتزین، آزمایشی بود تا تامین آب مورد نیاز دام در منطقه محلی کوئینزلند، مورد بررسی قرار گیرد. با این حال، پس از تامین آب، با ایجاد تپه‌هایی از ریگ پشته‌ها در اطراف کشور باعث شد که تمام عملیات حفاری آینده لغو شدند. حفاری‌ها توسط دکل‌های حفاری در منطقه‌ها انجام می‌شد که قطعات آن‌ها توسط شتر به محل حمل می‌گردید و با استفاده از لوله‌های جداری که از انگلستان حمل می‌شد، تکمیل می‌گردید. عمق کل آن برابر با ۳۸۱ متر بود: برخورد به آب آرتزین در ۳۴۶ متری بود و لوله‌های جداری در ۳۶۳ متری کار گذاشته شد. جریان تکمیلی در سال ۱۸۹۸ حدود ۳۷ لیتر در ثانیه و دمای آب زیرزمینی برابر با ۵۷ درجه سانتیگراد بود.

جای تعجب نیست که با توجه به این موفقیت‌های اولیه، این موضوع مورد توجه زیاد دولت و مردم قرار گرفت و به دنبال آن اکتشافات گسترده آرتزین ادامه یافتند. تعداد چاه‌های حفر شده در کوئینزلند از ۳۴ چاه در سال ۱۸۸۹، با کل جریان تخمینی ۲۵ هزار مترمکعب در روز، به ۵۲۴ چاه در سال ۱۸۹۹، با کل جریان تخمینی بیش از یک میلیون مترمکعب در روز افزایش یافت. در نیو ساوت ولز، ۳۶۴ چاه آرتزین وجود داشت که تا سال ۱۹۱۰ ساخته شده بودند و کل جریان این چاه‌ها برابر با ۶۰۰ هزار مترمکعب در روز بود (بلیک و کوک[5]، ۲۰۰۶). چاه‌ها علاوه بر صنعت دامپروری و گله‌داری، برای مصارف خانگی و شهری نیز ساخته شده بودند.

در نتیجه برگزاری پنج کنفرانس بین ایالتی در زمینه آب آرتزین در فاصله سالهای ۱۹۱۲ تا ۱۹۲۸ (ICAW، ۱۹۱۲؛ ۱۹۱۴؛ ۱۹۲۲؛ ۱۹۲۵؛ ۱۹۲۹)، بررسی‌های نظام‌مند افزایش چشمگیری یافتند. اهداف اصلی این بررسی‌ها این بود که کاهش شدید فشار که منجر به کاهش و یا توقف جریان می‌شود و همچنین محدوده حوضه آرتزین بزرگ، منشاء و جابه‌جایی آب‌های زیرزمینی، مشکلات مربوط به خوردگی لوله‌های جداری چاه‌ها و همچنین دستیابی به روش بهره‌برداری مسئولانه‌تر از آب‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه هیچ جلسه دیگری برگزار نشد، تا اینکه در سال ۱۹۳۹ طی یک کنفرانس بین ایالتی در زمینه حفاظت از آب و آبیاری، مجددا موضوع کاهش و کنترل جریان‌های آرتزین و همچنین بهبود توزیع مورد تاکید قرار گرفت (تاندی[6]، ۱۹۳۹). مهمترین نتیجه این کنفرانس این بود که مشخص شد مشکل اصلی هدر رفت آب از چاه‌های جریان‌دار می‌باشد.

در سال ۱۹۳۹، یک کمیته متشکل از زمین‌شناسان و مهندسان هیدرولیک تاسیس شد. این کمیته در کوئینزلند مستقر بود و بررسی ماهیت و ساختار حوضه آرتزین بزرگ هدف آن به شمار می‌آمد. در اولین گزارش میان‌دوره‌ای کار کمیته (دولت کوئینزلند، ۱۹۴۵)، اصول تغذیه مجدد ذخیره دینامیک، کاهش جریان و فشار و اهمیت حفظ آب

1. Thurrulgoonia
2. Cunnamulla
3. Canadian Pole Tool Rig
4. Anacoora
5. Blake and Cook
6. Tandy

با کنترل چاه‌ها مورد تأکید قرار گرفت. کمیته تحقیقات آب آرتزین[1] (دولت کوئینزلند، ۱۹۵۵) جامع‌ترین توصیف از تحقیقات مربوط به آب‌زمین‌شناختی بخش کوئینزلند از حوضه آرتزین بزرگ را ارائه داد.

در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰، ارزیابی‌های متعددی درباره بخش حوضه آرتزین بزرگ توسط کنی[2] (۱۹۳۴) و تاندی[3] (۱۹۳۹، ۱۹۴۰) در نیوساوت ولز انجام شد. آن‌ها در این بررسی، طیف کاملی از خواص آب‌زمین‌شناختی و مفاهیم جدیدتر ذخیره‌سازی دینامیک را مورد توجه قرار دادند. پیشنهادهایی برای حفاظت از آب از طریق بستن بخشی از چاه‌ها و بهبود روش‌های توزیع آب آرتزین ارائه گردید.

در دهه‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰، گزارش‌های متعددی درباره زمین‌شناسی و جنبه‌های آب‌های زیرزمینی در نیو ساوت ولز توسط دالهانتی[4] (۱۹۷۳)، پک هام[5] (۱۹۵۶) و محققان دیگر ارائه شد.

تا پایان قرن نوزدهم تحقیقات مربوط به حفاری و زمین‌شناسی منجر به کشف آب آرتزین تقریباً در سراسر ناحیه داخلی خشک این حوضه شده و محدوده شرایط آرتزین به‌طور مناسبی تعیین شد (هابرمهل، ۱۹۸۰).

در قرن بیستم، با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین نظیر وسایل نقلیه موتوری و برق، مناطق دورافتاده بیشتری از نظر پتانسیل آبدهی مورد بررسی قرار گرفتند و این امر به توسعه صنعت دامپروری و گله‌داری در آن مناطق کمک شایانی کرد.

حفاری برای آب آرتزین همچنان ادامه داشت و در مجموع، تولید چاه‌های جریان‌دار تا سال ۱۹۱۵ افزایش یافت، هرچند که روند توسعه (با توجه به ظهور جنگ جهانی اول) با سرعت کمتری پیش رفت. با این حال، پس از این تاریخ، با وجود ادامه روند حفاری چاه‌های جدید، ولی کل جریان چاه‌های حوضه آرتزین بزرگ کاهش شدیدی یافت. اندازه‌گیری جریان چاه ساده‌تر از اندازه‌گیری فشار بسته در چاه بود و جریان‌های آزاد چاه‌ها، کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان دادند.

۶-۲ تغییر فشارها و جریان‌های آرتزین

حفاری چاه‌ها باعث تغییر شرایط هیدرولوژیکی پایدار در منطقه شدند. برداشت آب موجب کاهش سطح پتانسیومتری در اطراف چاه شده و این امر باعث افزایش شیب این سطح گردیده و منجر به افزایش جریان از داخل آبخوان تا نقطه برداشت شد. همزمان با افزایش حفاری‌ها، این کاهش بیشتر شد و توازن طبیعی آبخوان دچار نابهنجاری بیشتری شد.

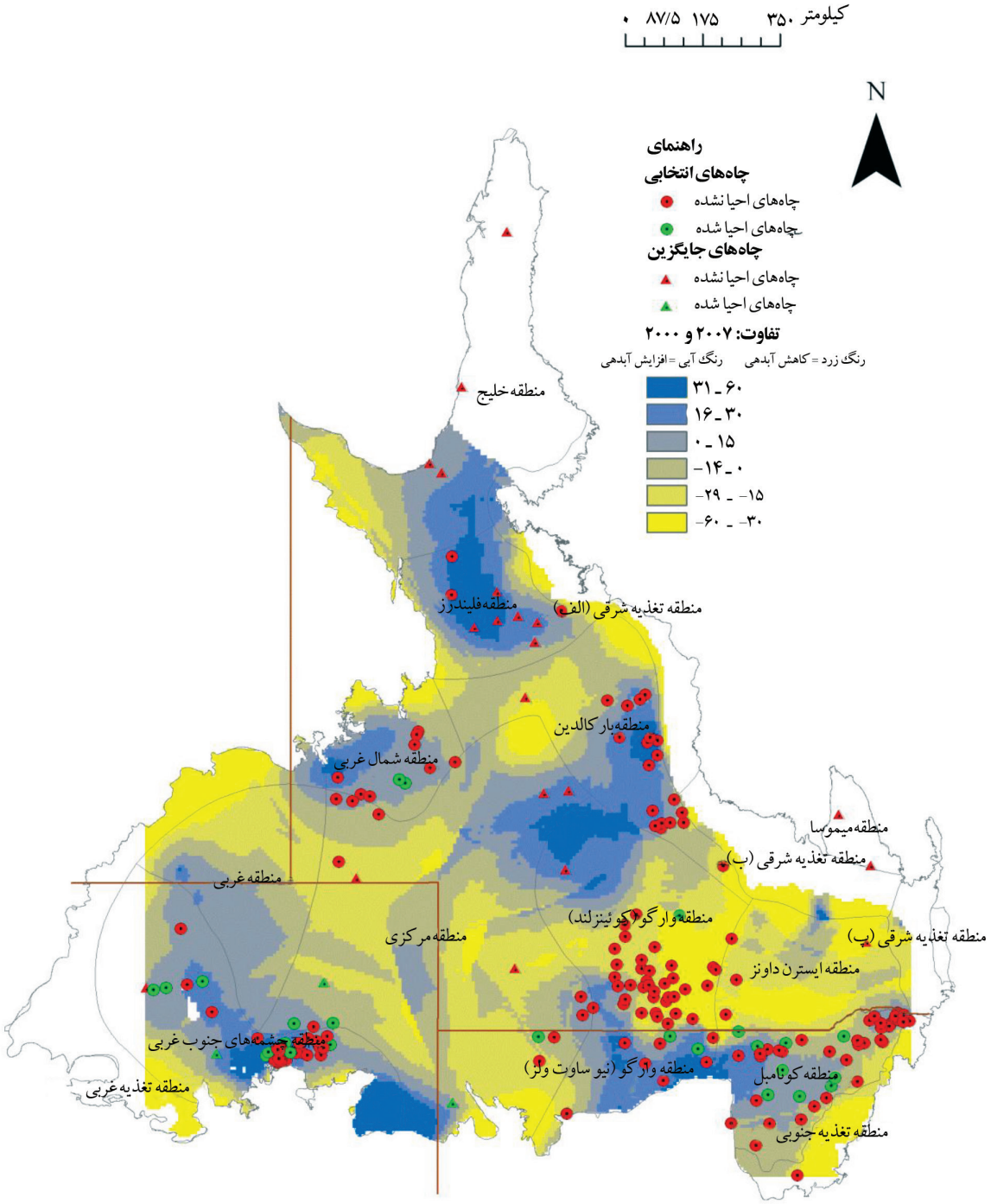
بلافاصله پس از حفر اولین چاه‌ها در حوضه مورد نظر، مشخص شد که جریان چاه‌های منفرد در حال کاهش است و فشار چاه‌های منفرد افت پیدا کرده است. البته این نتیجه، طبیعی و قابل پیش‌بینی بود: همزمان با افزایش میزان برداشت آب از سیستم، آب بیشتری نیاز است که از طریق سیستم به نقاط تخلیه جریان یابد و شیب افزایش می‌یابد تا این جریان اضافی رخ دهد. از این رو، فشار سرباره افت پیدا می‌کند و جریان چاه‌ها کاهش می‌یابد.

1. Artesian Water Investigations Committee
2. Kenny
3. Tandy
4. Dulhunty
5. Packham

با توجه به محدود بودن روش‌های حفاری و تجهیز چاه، در اولین روزهای توسعه در این حوضه تعداد بسیار کمی اطلاعات دقیق در دسترس بود، زیرا امکان بستن کامل چاه وجود نداشت. دولت کوئینزلند (۱۹۵۴) تعداد زیادی منحنی‌های کاهش جریان چاه را بازتولید کرده که نشان دهنده کاهش اولیه در جریان است. این کاهش به نوبه خود با افت تولید کاهش پیدا می‌کرد.

هابرمهل (۱۹۸۰) نقشه‌هایی را با استفاده از مدل شبیه‌سازی آب زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ (GABHYD) برای تعیین فشار بالای سرباره حوضه در سال ۱۸۸۰ (قبل از توسعه) تهیه کرده است. فشار شبیه‌سازی شده سرباره‌ها قبل از توسعه در شکل ۶-۱ نشان داده شده است. وی همچنین سطح ۱۹۷۰ [1] را تهیه کرده است. هابرمهل و لائو (۱۹۹۷)، این سطوح را کسر کرده و نقشه‌ای را تهیه کردند که نشان‌دهنده کاهش منطقه‌ای سطح پتانسیومتری در بازه سال‌های ۱۹۷۰-۱۸۸۰ می‌باشد.

1.1970 surface



شکل ۶-۱: تفاوت بین سطح فشار آرتزین درون‌یابی شدهٔ ۲۰۰۷ و سطح فشار آرتزین مدل‌سازی شدهٔ ۲۰۰۰ برای آبخوان ماسه‌سنگی دوره کرتاسه پایین- ژوراسیک و کادنا-اووی-هورای. (مکولای[1] و همکاران، در دست چاپ).

1. Macaulay

۶-۳ تاریخچه توسعه زیرساخت

به موازات اقدامات حوزه‌های قضایی منفرد برای صدور مجوز و کنترل برداشت آب در حوضه آرتزین بزرگ، تهیه زیرساخت آب مورد تأکید دولت‌ها و مالکان زمین قرار گرفت.

۶-۳-۱ حفاری و تجهیز چاه

در روزهای اولیه توسعه، چاه‌ها با استانداردهای امروزی و به روش مناسب ساخته نمی‌شد. دکل‌های حفاری، مصالح و روش‌ها، بسیار ابتدایی بودند و به دلیل حجم بسیار زیاد جریان پرفشار آب داغ، روند ساخت چاه سخت و پیچیده شده بود. امکان کنترل جریان چاه‌ها وجود نداشت. جریان خروجی چاه‌ها اغلب به حوضچه‌های بزرگی در اطراف چاه تخلیه می‌شد که در آبراهه‌ها تخلیه می‌شدند. میزان تخلیه در بیشتر چاه‌ها به اندازه قابل توجهی بیش از نیاز مالکان چاه بود. حفاظت از آب کمتر مورد توجه قرار داشت، البته باید توجه داشت که زمانی که آب برای اولین بار در حوضه آرتزین بزرگ کشف شد، مصالح و روش‌های مورد نیاز برای جلوگیری از تلفات آب و استفاده مناسب از آن در دسترس نبودند.

در سال ۱۹۵۴ در کوئینزلند، ۲۶/۴ درصد از چاه‌های آرتزین دریچه‌های کنترل نداشتند؛ ۱۶/۹ درصد دارای لوله‌های جداری بودند که دچار خوردگی شده بودند؛ ۱۰/۲ درصد نشتی از لوله‌های جداری داشتند؛ ۴/۲ درصد به مرداب‌ها تخلیه می‌شدند و ۲۸/۲ درصد به آبراهه‌ها تخلیه می‌شدند (دولت کوئینزلند، ۱۹۵۴).

همزمان با توسعه فناوری، مصالح و روش‌های به‌کار گرفته شده برای حفاری و تجهیز چاه و کنترل جریان آب آن بهبود یافته است. استفاده روزمره از فناوری جدید در حفر چاه‌ها، تنها با وضع قوانین مربوط به کمک به تامین سرمایه چاه‌های جدید مطابق با معیارهای طراحی استرالیا صورت گرفت، چرا که حفاری و نگهداری این چاه‌ها بسیار پرهزینه است. به طور کلی، حفر و نگهداری چاه‌ها مستلزم هزینه بسیار زیادی است و از این رو، فقط با استناد به قوانین اجرایی در مورد تأمین مالی برای ایجاد چاه‌های جدید مطابق با استانداردهای طراحی استرالیا می‌توان از فناوری‌های جدید و مناسب جهت ایجاد چاه بهره برد.

همزمان با درک حجم زیاد تلفات آب از چاه‌های کنترل نشده، ضرورت اقدامات مربوط به کاهش تلفات آب احساس شد. اقدامات صورت گرفته در طول دو دهه گذشته در زمینه کنترل جریان آب چاه‌ها باعث کاهش قابل توجه تلفات آب شد. نسبت بالایی از چاه‌های کنترل‌نشده و کانال‌ها در حوضه، در حال حاضر جایگزین یا تعمیر شده‌اند. این روند همچنان ادامه داشته و بر اساس استانداردهای وضع‌شده برای حفاری و تجهیز چاه‌های جدید تضمین می‌شود که چاه‌ها تحت کنترل هستند و آب آنها با استفاده از مخزن و... توزیع می‌شود.

قبل از نظارت‌های قانونی در زمینه حفاری و تجهیز چاه‌ها، حفاران و مالکان چاه‌ها در چگونگی حفاری و تجهیز چاه‌ها یا تجهیزات سرچاهی محدودیتی نداشتند. با گذشت زمان، حداقل استانداردهای حفاری و تجهیز چاه و مجوزهای حفاری مطابق قانون به عنوان راه‌هایی برای بهبود مدیریت آب‌های زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ تعیین شده‌اند.

در گذشته، چاه‌ها اغلب با استفاده از یک «رشته» لوله‌های جداری[1]ساخته می‌شدند و به طور کلی تمام مسیر تا ته چاه لوله‌کشی نمی‌شد. برای محافظت از لوله‌های جداری در برابر خوردگی یا درزگیری مسیرهای نشت احتمالی در پشت لوله‌های جداری از دوغاب سیمان استفاده نمی‌شد. جریان آب از چاه‌های آرتزین توسط دریچه‌های تعبیه شده در تجهیزات سرچاهی کنترل نمی‌شد (دولت کوئینزلند ۱۹۵۴).

از لحاظ تاریخی، در روش‌های حفاری و تجهیز چاه ابتدا این نکته مورد تاکید بود که چاه به اندازه کافی باز نگه داشته شود تا بتوان حفاری را تا بسترهای آب مورد نظر ادامه داد و همچنین با باز نگهداشتن آن امکان استخراج مستمر آب از چاه وجود داشته باشد. به همین ترتیب، اگر هم تجهیزات سرچاهی نصب می شدند، عمدتاً برای هدایت و کنترل جریان آب به زهکش‌های توزیع بود و نه کنترل حجم تخلیه چاه. در واقع، تأمین نیازهای مبرم حفاران و حفظ دسترسی درازمدت مالک (مالکان) چاه به آب مورد تاکید قرار داشت.

با استفاده از روش‌های مدرن حفاری و تجهیز چاه این نیازهای حفاران و مالکان چاه برآورده می‌شود، اما امروزه ضرورت استفاده از روش‌هایی که به بهبود مدیریت آب حوضه منتهی می‌شوند، بیش از پیش شناخته شده است. روش‌های حفاظت از آبخوان‌ها در برابر آلودگی، افت فشار و کمینه کردن هدر رفت آب از جمله این روش‌ها به شمار می‌آیند. حداقل شرایط لازم برای لوله‌های جداری، عمق، کیفیت، ضخامت و روش‌های جایگذاری دوغاب سیمان و همچنین شرایط مورد نیاز برای تجهیزات سرچاهی جهت کنترل جریان آب چاه‌ها تعیین شده‌اند. این روش‌های جدید همچنین فرصت‌های جدیدی برای مالکان چاه‌ها ایجاد کرده‌اند تا بتوانند روند مصرف آب خود را مدیریت کنند.

۶-۳-۱-۱ توسعه استانداردهای حفاری و تجهیز چاه

تا قبل از برگزاری اولین کنفرانس دولتی آرتزین[2] در سیدنی در سال ۱۹۱۲ (یکی از مجموعه کنفرانس‌های برگزار شده بین سال‌های ۱۹۱۲ و ۱۹۲۸)، هیچگونه بحث و همکاری رسمی در مورد روش‌های مناسب حفاری و ایجاد چاه‌های آرتزین و نیمه‌آرتزین در راستای تعیین استانداردهای بهتر برای حفاری و تجهیز چاه در سراسر حوضه آرتزین بزرگ صورت نگرفته بود.

در طول این دوره اولیه، بیشتر بحث مربوط به «بهترین شیوه» حفاری و تجهیز چاه مطرح بود. این مبحث عمدتا در ارتباط با استفاده از چند «رشته» لوله‌های جداری در ایجاد چاه و ضرورت جای‌گذاری مناسب لوله‌های جداری فوقانی و درزبندی آنها در برابر سازندها قبل از هر گونه حفاری تا اعماق بیشتر چاه بود.

پس از تصویب قوانین کنترل حفاری، اکثر چاه‌های جدید با چند رشته لوله‌های جداری حفر شدند و به رشته‌های پیوسته‌ای مجهز شدند که به طور محکم سر جای خود قرار بگیرند تا یکپارچگی چاه آب را حفظ کنند. با این حال باید توجه داشت که همه چاه‌هایی که پس از تصوب قانون حفر شدند، جداره‌گذاری نشده‌اند.

تجهیزات سرچاهی چاه‌ها برای کنترل و اندازه‌گیری جریان چاه مورد نیاز بودند.

۱.«رشته» لوله‌های جداری، بخشی طولانی از لوله‌های متصل است که وارد چاه می‌شود تا آن را باز نگه دارد و از سازندهای مجاور چاه محافظت کند و یا از آنها جدا شود. در چاه‌های عمیق، چند رشته در بخش‌های مختلف چاه نصب می‌شوند.

2. State Artesian Conference

روش‌های حفاری و تجهیز چاه نیز بهتر شده‌اند. سیمانکاری فشار قوی به خوبی توسعه یافت و به طور گسترده‌ای در سال ۱۹۴۰ مورد استفاده قرار گرفت. این روش به ابتکار مهندس چارلز اوگیلیو[1]- عضو کمیسیون منابع آبی و آبیاری کوئینزلند[2]- در لانگریچ در اوایل دهه ۱۹۳۰ پایه‌ریزی شده است (پاول[3]، ۱۹۹۱) و شامل پمپاژ سیمان بین دیواره چاه و سطح بیرونی لوله‌های جداری می‌باشد تا احتمال خطر نشت آب به بیرون لوله‌های جداری را کاهش داده و از آن در برابر خوردگی به دلیل آب‌های زیرزمینی خورنده محافظت کند. با توسعه سیمانکاری فشار قوی، امکان حفاری و تجهیز چاه‌های آرتزین مطمئن فراهم شد.

با این حال در بعضی از مناطق، به ویژه در مرکز و شمال حوضه رسوبی ارومانگا، آب موجود در آبخوان‌های اصلی حاوی دی اکسید کربن محلول بوده و خورنده است. لوله‌های جداری فولادی از داخل در معرض خوردگی بوده و می‌توانست به طور کامل به وسیله آب اسیدی تخریب شده و منجر به ایجاد چاه‌های کنترل نشده و اتلاف قابل توجه آب شود. استفاده از لوله‌های جداری فولادی اصلا در این مناطق مجاز نبود (مانند منطقه حاوی آب خورنده فلیندرز واقع در کوئینزلند) و باید از لوله‌های جداری پلاستیکی یا فایبرگلاس استفاده شود.

۶-۳-۲ روش‌های حفاری

اولین نوع حفاری در حوضه آرتزین بزرگ با استفاده از دکل‌های حفاری «با روش ضربه‌ای» صورت گرفت. این دکل‌های حفاری از نوعی حفاری ضربه‌ای استفاده می‌کردند که شامل بلند کردن و رها کردن یک رشته ابزار حفاری فولادیِ توپر می‌شد که از کابل فولادی آویزان بود و در نتیجه، ابزار حفاری به ته چاه به گونه‌ای ضربه می‌زد که سازند سنگی را می‌شکست و آنها را پودر می‌کرد. سپس، خرده‌سنگ‌ها از طریق یک دستگاه «لای کشی» مجزا برداشته می‌شدند. این سیستم در چین بیش از ۲۰۰۰ سال پیش توسعه یافته بود.

دکل‌های حفاری‌های اولیه با نیروی بخار کار می‌کردند و چاه‌ها اغلب در نزدیکی منابع آب موجود قرار داشتند تا هزینه حمل مقادیر زیاد آب مورد نیاز برای موتور بخار کاهش یابد. در نتیجه، بسیاری از چاه‌های قدیمی در کنار نهرهایی یافت می‌شدند که در آن زمان برای توزیع آب به کار گرفته شدند. علاوه بر این، مقادیر زیادی چوب توسط موتور بخار جهت حفاری چاه و جابجایی مواد و مصالح موردنیاز برای حفاری مصرف می‌شد و بیشترین مقدار چوب از کنار جویبارها به دست می‌آمد.

در دهه ۱۹۳۰، موتورهای احتراق داخلی جایگزین موتورهای بخار شدند.

با بهره‌گیری از تجربیات آمریکای شمالی، حفاری چرخشی با گل حفاری (حفاری روتاری)[4] در حدود سال‌های ۱۹۱۰ رایج شد، اما تا اوایل دهه ۱۹۶۰ برای چاه‌های آب در حوضه آرتزین بزرگ کاربرد گسترده‌ای پیدا نکرد. حفاری چاه‌های آرتزین عمیق با استفاده از این روش بسیار راحت‌تر انجام می‌شد. اگر چه این یک روش حفاری کارآمد است، ولی در این روش امکان جمع‌آوری نمونه‌های سنگی به‌گونه‌ای وجود نداشت تا از طریق آن بتوان

1. Charles Ogilvie
2. Queensland Irrigation and Water Supply Commission
3. Powell
4. Rotary drilling

سنگ‌های حفاری شده را به طور کامل مورد بررسی قرار داد. در گذشته، این موضوع از نظر ایجاد دانش در مورد حوضه ی آرتزین بزرگ اهمیت بیشتری داشت.

لاگهای دقیق زمین‌شناسی چاه‌های اکتشافی نفت، به علاوه نمودارهای الکتریکی این چاه‌ها و چاه‌های آب (هابرمهل، ۲۰۰۱) در تفسیر زمین‌شناسی و تطبیق لایه‌های رسوبی در این حوضه بسیار ارزشمند بوده‌اند.

روش‌های امروزه حفاری با روش چرخشی، متداول‌ترین روش حفاری در حوضه آرتزین بزرگ به شمار می‌آیند. روش‌های استفاده شده در این حفاری، امکان استفاده از لوله جداری جدید و مقاوم در برابر خوردگی به جای لوله جداری فولادی را فراهم آورده‌اند. بعضی از دکل‌های حفاری با روش ضربه‌ای هنوز هم کاربرد دارند، اگر چه عمدتاً برای کارهای تعمیری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶-۳-۳ جنس لوله‌های جداری

در اواخر قرن بیستم، فقط لوله‌های جداری فولادی وارداتی موجود بود که بیشتر از انگلستان وارد می‌شد. اگرچه لوله‌های جداری فولادی نقاط ضعف واضحی از نظر خوردگی، وزن و هزینه حمل و نقل داشت، ولی تنها جنسی بود که دارای مقاومت خاص مورد نیاز بود.

در حال حاضر، لوله‌های جداری چاه‌ها با جنس‌های مختلفی وجود دارد که بسیاری از آنها در برابر خوردگی بسیار مقاوم هستند و بنابراین معمولاً به عنوان «خنثی» نامیده می‌شوند. علاوه بر لوله‌های جداری فولادی معمولی (که هنوز هم کاربرد گسترده‌ای دارند)، متداولترین انواع لوله‌های جداری مورد استفاده عبارتند از:

- پلی وینیل کلرید؛
- پلاستیک تقویت‌شده فایبرگلاس؛
- اکریلونیتریل بوتادین استایرن؛ و
- فولاد ضد زنگ.

هر کدام از این انواع لوله‌های دارای مزایای خاصی نسبت به دیگری هستند و ممکن است برای یک کاربرد خاص به عنوان مثال حفر چاه جدید و یا اینکه احیای یک چاه قدیمی، مناسب باشند. برخی از نکات قابل توجه در انتخاب لوله‌های جداری شامل مقاومت مچالگی لوله‌های جداری و مقاومت آن در برابر درجه حرارت‌های بالا می‌باشد. به ویژه در ارتباط با نصب لوله‌های جداری در داخل چاه‌های آرتزین که نرخ تولید قابل توجهی دارند، چگالی لوله‌های جداری نیز حائز اهمیت است.

استفاده از روش حفاری چرخشی نیز تأثیر عمده‌ای بر جنس لوله‌های جداری مورد استفاده در چاه داشت. لوله‌های جداری در روش حفاری با روش ضربه‌ای (که تنها تا سال‌های ۱۹۶۰ کاربرد داشتند)، همزمان با حفر چاه، داخل چاه قرار داده می‌شد و فقط جنس فولادی این لوله‌های جداری از مقاومت کافی برای این روش حفاری برخوردار بود که اغلب مستلزم چکش‌کاری لوله تا ته چاه بود. در روش حفاری چرخشی، گل حفاری در حین چرخش از داخل سرمتهٔ

واقع در کف چاه وارد چاه می‌شود و بدین ترتیب، خرده‌سنگ‌ها را خارج می‌سازد و حفره‌ای با قطر بزرگتر از اندازه لوله‌های جداری مورد نظر حفر می‌کند. سپس، پس از تکمیل حفاری چاه (یا بخشی از آن) لوله‌های جداری به درون چاه رانده می‌شود.

با وجود این، در اکثر موارد به علت هزینه نسبتاً پایین، سهولت در کار کردن (فولاد چگالی بسیار بالایی نسبت به پلاستیک دارد) و مقاومت ساختاری قابل توجه، از لوله‌های جداری فولادی استفاده می‌شود.

اگر چاه به خوبی ایجاد شود به این معنا که از جنس مناسب لوله‌های جداری استفاده شود، سیمان کاری تحت فشار به صورت موفقیت‌آمیز انجام شود و تجهیزات سرچاهی لازم نصب شوند، آنگاه امکان کنترل چاه و توزیع آب از طریق خطوط لوله با استفاده از فشار آرتزین فراهم می‌شود. همه چاه‌های جدید در این گروه چاه‌ها قرار دارند. بسیاری از چاه‌های قدیمی‌تر هنوز آب را هدر می‌دهند، زیرا روش‌های مونتاژ و مصالح مورد نیاز برای تضمین ساخت اصولی چاه در آن زمان در دسترس نبوده است.

۶-۴ توزیع آب

در سال‌های ابتدایی توسعه استفاده از آب آرتزین در حوضه آرتزین بزرگ، چاه‌ها عموماً در قسمت‌های کم‌ارتفاع منطقه و در نزدیکی آبراهه‌ها قرار داشتند. دلایل اصلی این امر عبارت بودند از:

- نیاز به تأمین آب برای روشن نگه‌داشتن موتور بخار؛
- توانایی استفاده از مسیر جریان آب‌های سطحی برای توزیع آب؛
- از طرفی بزرگترین جریان‌ها از چاه‌هایی به دست می‌آیند که مطابق مکان‌یابی آن‌ها، در مناطق پست و کم ارتفاع قرار داشتند.

در بسیاری از موارد، آب آبرفتی کم‌عمق برای تامین آب مورد نیاز در حفاری موجود بود.

مزایای توزیع آب توسط کانال‌های جدید ساخته شده تایید و بهره‌برداری شد. در نتیجه، چاه‌ها در مناطق مرتفع‌تر حفر شدند که باعث تسهیل کانال‌کشی مبتنی بر گرانش زمین می‌شد، هرچند بسیاری از آنها به مناطق باتلاقی منتهی می‌شدند. در آن زمان، این منابع از نظر بسیاری از افراد به‌عنوان منابعی تمام نشدنی قلمداد می‌شدند. جی. بی. هندرسون[1] اظهار داشت (پاول، ۱۹۹۱):

«بدون شک، مالکان چاه‌های خصوصی دلایل متعددی برای خود دارند که اجازه می‌دهند حجم زیادی از آب بی‌وقفه و بدون محدودیت جریان داشته باشد. من معتقدم که تلاش برای حمل آب از مسافت‌های طولانی به املاک خود و با حداقل هزینه و فقدان انگیزه کلی اقتصادی برای مصرف آن، قوی‌ترین دلیل آن‌ها می‌باشد».

۶-۴-۱ توزیع از طریق کانال

با درک بهتر ماهیت منابع و نیاز به استفاده بهینه از منابع موجود، آب کمتری به آبراهه‌ها تخلیه می‌شد و بیشتر از

1. J.B. Henderson

طریق کانال‌های روباز برای دام منتقل می‌شد.

در طول دهه‌های متعدد، سیستم کانال‌کشی به عنوان تنها گزینه برای توزیع مقرون به صرفه و کارآمد آب به شمار می‌آمد و بر همین اساس شبکه وسیعی توسعه یافت که برخی از آنها همچنان در حال حاضر وجود دارند. توزیع آب از طریق کانال روباز، شاهکار بزرگ «شرکت مهندسی بوش» بود که با کانال منفرد، آب با استفاده از کانال‌های آب به شبکه انتقال و تقسیم‌کننده‌های آب به صدها کیلومتر دورتر هدایت می‌شد تا در زمانی که کانال برای تأمین آب بخش‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شدند، حجم صحیحی از آب توزیع شود. با این حال، این روش به دلایل زیر همچنان یک روش ناکارآمد برای توزیع محسوب می‌شود:

- تبخیر مستقیم آب از کانال به خصوص در شرایط بسیار گرم تابستانی، بسیار بالا است؛
- در بیشتر موارد، آب در تماس مستقیم با خاک قرار دارد و به خصوص در شرایطی که منطقه بسیار ماسه‌ای است، میزان نشت می‌تواند فوق‌العاده بالا باشد؛
- کانال‌ها در فرایند زهکش طبیعی زمین و جریان آب اختلال ایجاد می‌کنند و نشت آب از آن‌ها در فصل مرطوب شایع است؛
- هزینه تعمیر و نگهداری بالاست و کانال‌ها به طور متناوب نیاز به تمیز کردن و شکل‌دهی مجدد دارند (لایروبی)؛
- آبی که با حاشیه کم کیفی برای استفاده دام از چاه بیرون می‌آید زمانی که در کانال جریان می‌یافت، غلظت نمک آن در اثر تبخیر زیاد شده و غیرقابل استفاده می‌گردد (مخصوصاً فلوراید مستعد چنین شرایطی است) و آب نهایی نیز می‌تواند بسیار گل‌آلود باشد.
- علف های هرز جنگل‌های انبوه مثل آکاسیا خاردار در امتداد کانال‌ها رشد می‌کنند؛
- حیوانات شکاری دارای زیستگاه و آبشخور دائمی هستند.

بدیهی است که اتلاف ناشی از نشت و تبخیر عمدتاً بسته به نوع خاک، خواص شیمیایی آب و خاک و شکل کانال، تفاوت قابل توجهی دارد. کانال‌های با پهنای کمتر ممکن است باعث کاهش تبخیر شود، اما با توجه به ضرورت حفر کانال تا عمق بیشتر، ممکن است مؤلفه نشت افزایش دهند.

بررسی انجام شده در کوئینزلند در سال ۱۹۵۲ (دولت کوئینزلند، ۱۹۵۴) نشان داد که در آبشخور دام، میزان تلفات ناشی از تبخیر و نشت برای ۲۱ هزار کیلومتر از نهرهای مورد بررسی، به طور متوسط ۴۴ متر مکعب آب در روز در هر کیلومتر طول کانال‌ها بود (متر مکعب/روز/کیلومتر).

بررسی‌های صورت گرفته در زمینه چاه‌های تراست در کوئینزلند نشان داد که تلفات انتقال از ۸ تا ۷۰ متر مکعب در روز در کیلومتر متفاوت است. تلفات ناشی از نهرها، ۹۰ درصد از کل تولید چاه را دربرمی‌گیرند.

کانال‌ها نیاز به تعمیر و نگهداری منظم دارند تا بتوانند همواره آب را انتقال دهند. روش اصلی تعمیر و نگهداری شامل «لایروبی» است که فرآیندی است که به موجب آن کانال به وسیله یک ابزار شبیه خیش شخم‌زنی که به داخل زهکش کشیده می‌شود، دوباره شکل می‌گیرد. این روش باعث تخریب رسوبات و سایر مواد سست از حوضه کانال و

انحلال آن در جداره‌های کانال می‌شود.

لایروبی به طور معمول دو بار در سال مورد نیاز است. کارهای تعمیراتی دیگر نیز در پاسخ به مشکلات خاص مورد نیاز است که به عنوان نمونه می‌توان به مشکلات زیر اشاره کرد: آبی که در طول بارندگی توسط کانال بین راه انباشته می‌شود، اغلب باعث تخریب دیواره کانال می‌شود؛ این کانال‌ها توسط حیوانات مرده یا فعالیت حیوانات مسدود می‌شوند؛ افتادن درختان روی کانال منجر به مسدود شدن آن‌ها می‌شود و رشد جلبک‌ها در کانال مانع از جریان آب می‌شود. این مشکلات باید سریعا شناسایی شوند و اقدامات لازم برای تعمیر کانال صورت گیرد.

گاهی اوقات نشان داده شده است که کارایی کانال در طول زمان به دلیل تبادل یونی حوضه بین آب چاه و مواد معدنی موجود در خاک افزایش می‌یابد. در واقع، این روند می‌تواند سبب شود که نفوذپذیری دیواره‌های کانال به دلیل تغییرات یون‌های متصل به رس‌های موجود در خاک کاهش یابد. نفوذپذیری کمتر نیز به نوبه خود باعث کاهش میزان تلفات ناشی از نشت می‌شود.

گزارشات دقیق در ارتباط با طول کل کانال‌ها که آب را در حوضه آرتزین بزرگ توزیع می‌کنند به طور مداوم ثبت نشده‌اند. احتمالا اولین گزارشات دقیق در کوئینزلند مربوط به سال ۱۹۴۹ هستند که ۲۶,۹۰۰ کیلومتر از کانال‌ها وجود داشته است. میانگین طول کانال هر چاه منفرد برای تراست (در کوئینزلند) در سال ۱۹۴۹ برابر با ۸۰ کیلومتر (۵۰ مایل) بوده است. طولانی‌ترین کانال بیش از ۱۵۰ کیلومتر بوده‌اند. در نیو ساوت ولز، طول کانال در مناطق تراست از حدود ۴,۲۰۰ کیلومتر در سال ۱۹۱۵ به ۵,۲۰۰ کیلومتر در سال ۱۹۵۰ و ۵,۸۰۰ کیلومتر در سال ۱۹۷۰ افزایش یافته است.

در ماه ژوئن سال ۲۰۰۷، ۸,۵۵۴ کیلومتر از کانال‌ها در کوئینزلند، ۱,۷۷۰ کیلومتر در نیو ساوت ولز و ۷۶ کیلومتر در استرالیای جنوبی باقی مانده است (GABCC،۲۰۱۱a). طول کانال مستقیما در نتیجه اجرای طرح‌های مختلف مهار تبخیر و لوله‌کشی آن‌ها کاهش یافته است و در این میان، طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ به عنوان مهمترین طرح به شمار می‌آید.

۶-۴-۲ توزیع از طریق لوله‌کشی

ایده توزیع آب آرتزین با استفاده از لوله به جای کانال اوایل سال ۱۹۱۲ در اولین کنفرانس بین ایالتی آب‌های آرتزین مطرح شد. هنگامی که پیشنهاد اجرای طرح امکان‌سنجی لوله‌کشی مطرح شد، به طور کلی تصور می‌شد که پرداخت هزینه چنین طرحی «غیرممکن» است.

دولت کوئینزلند (۱۹۵۴) گزارش داد که در صورت تخلیه آرتزین به اندازه نیازهای واقعی دام، میزان تخلیه تقریباً به ۱۰ درصد از جریان آرتزین موجود کاهش می‌یابد و در نتیجه، از افت جریان در بیشتر مناطق (کوئینزلند) جلوگیری خواهد شد.

االبته، گزارش ۱۹۵۴ همچنین نشان داد که «با این حال، *صرف‌نظر از مشکلات مربوط به ایمنی جداره‌ها، هزینه نصب و نگهداری جداره‌های فولادی گالوانیزه بسیار بیشتر از هزینه‌های لازم برای تامین منابع دیگر و جایگزینی آن‌ها با چاه‌های آرتزین رو به افول خواهد بود*». این گزارش همچنین نشان داد که «*هیچ خطری برای از دست دادن منابع*

آرتزین وجود ندارد».

پس از این گزارش، دولت کوئینزلند سیاستی اتخاذ کرد که به موجب آن آب چاه‌های قدیمی همچنان از طریق کانال توزیع می‌شد، ولی تمام چاه‌های جدید باید به طور کامل تحت کنترل بوده و آب آنها از طریق لوله‌ها به آبشخورها توزیع می‌شد.

در حال حاضر، این مطلب قطعی و مسلم است که از طریق جایگزینی کانال‌ها با سیستم‌های لوله‌کشی می‌توان شیوه‌های مدیریت توزیع آب در بخش‌های مختلف را به روش‌های زیر بهبود بخشید:

- لوله‌ها می‌توانند آب را به بخش‌هایی منتقل کنند که قبلاً از طریق کانال ممکن نبوده است (این مناطق اغلب به مخازن خاکی متکی بوده‌اند که در طول خشکسالی خشک می‌شوند) و یک سیستم لوله‌کشی شبکه‌بندی‌شده و به خوبی برنامه‌ریزی شده، امکان استفاده مؤثر از تمام بخش‌ها در تمام طول سال را فراهم می‌آورد (کانال اغلب در طول تابستان به دلیل تبخیر بالا خشک شده و منجر به عدم استفاده بهینه از بعضی بخش‌ها می‌شود) و در نتیجه، چرخش فولادی بهتر و استفاده بهتر از علوفه صورت می‌پذیرد.
- کیفیت آب در سیستم‌های لوله‌کشی شده در آبشخور به همان اندازه چاه، خوب است.
- حیوانات اهلی ضعیف شده در اثر خشکسالی، بهتر می‌توانند از آبشخورها آب بنوشند، در حالی که این حیوانات ممکن است در کانال افتاده و یا در آن فرو روند؛
- آبخورهای دام را می‌توان در مناطق معین به گونه‌ای نصب کرد که تجمع دام‌ها در آنجا به خودی خود انجام پذیرد.
- با توجه به ظهور فناوری‌های جدید برای تامین مکمل‌های غذایی از طریق منابع آب (به عنوان مثال، به بررسی درایدن [1] ۲۰۰۲، رجوع شود)، با سیستم‌های لوله‌کشی می‌توان دوز منظم این مکملها را به راحتی و به طور موثر استفاده کرد؛ و
- شبکه‌های لوله‌کشی شده تخریب ناشی از کانال‌ها را کاهش می‌دهند که به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
  - همزمان با نمکی که در آب در اثر تبخیر باقی می‌ماند، مشکلات مربوط به شوری آب ایجاد می‌شود و یا این‌که تشدید می‌شود (به عنوان مثال، میزان تخلیه کانال برابر با ۰/۶ هزار مترمکعب در روز است که موجب جمع‌آوری ۱۵۰ تن نمک در کانال در سال می‌شود)؛
  - کانال‌هایی که در سرازیری ساخته شده‌اند، عمدتا رواناب‌ها را جذب می‌کنند و مانع از جریان آن در روی زمین می‌شوند (این کار موجب کاهش نفوذ آب باران در زمین و جلوگیری از رسیدن آن به مناطق پایین دست کانال و در نتیجه کاهش رشد مرتع می‌شود)؛ و
  - مشکلات فرسایشی که اغلب ناشی از روگذری کانال و یا شکستن مخازن آن‌ها می‌باشد.

1.Dryden

یکی دیگر از مزیت‌ها این است که امکان تضمین آب برای تمام مصرف‌کنندگان حتی در انتهای شبکه آب‌رسانی نیز وجود خواهد داشت. همچنین، سیستم‌های لوله‌کشی شده قابل اعتمادتر بوده و در تمام طول سال، صرف نظر از اثرات فصلی، در دسترس هستند. به علاوه، می‌توان آنها را زمانی که مورد نیاز نیستند، قطع کرد.

گرچه سیستم‌های لوله‌کشی شده برای دامپروران و گله‌داران مزایای قابل توجهی دربردارند، اما هزینه‌های اولیه آنها بالاست. اگر سیستم به خوبی طراحی شده باشد، مزایای داخل و خارج از مزرعه آن بیش از هزینه‌های آن خواهد بود.

سیستم‌های لوله‌کشی شده که به خوبی طراحی شده‌اند، نیاز به تعمیر و نگهداری بسیار کمی دارند. تحلیل هزینه-فایده طرح‌های لوله‌کشی شده در جنوب غربی کوئینزلند در فاصله زمانی ۱۹۹۴-۱۹۹۹ توسط پگلر [1]، مور [2] و بنتلی [3]، ۲۰۰۱) نشان داد که میانگین هزینه‌های عملیاتی یک کانال بسیار بیشتر از سیستم لوله‌کشی است (جدول ۶-۱). میانگین هزینه‌های عملیاتی سالانه کانال‌کشی برابر با ۱۶,۸۴۹ دلار بود، در حالی‌که هزینه عملیاتی سیستم لوله‌کشی شده برابر با ۲,۱۲۰ دلار بود (پگلر، مور و بنتلی، ۲۰۰۱). اگر چه این یک تحلیل قدیمی است، اما نسبت هزینه‌ها به احتمال زیاد هنوز معتبر است.

جدول ۶-۱: میانگین هزینه‌های عملیاتی سالانه کانال‌کشی و لوله‌کشی شده (بر اساس بررسی پگلر، مور و بنتلی، ۲۰۰۱).

گروه‌های هزینه	کانال $	لوله‌کشی $	تغییر	
			$	٪
بازدید و بررسی	۳,۷۴۳	۱,۷۹۲	- ۱,۹۵۱	-۵۲
نگهداری و تعمیر	۸,۲۷۰	۳۲۸	- ۷,۹۴۲	-۹۶
منابع آب غیرمعتبر	۴,۴۷۶	۰	- ۴,۴۷۶	-۱۰۰
کل هزینه‌های عملیاتی	۱۶,۴۸۹	۲,۱۲۰	- ۱۴,۳۶۹	-۸۷

1. Pegler
2. Moore
3. Bentley

۶-۵ تأثیر بر حیات وحش

کمبود طبیعی آب روی حیات وحش مناطق خشک و نیمه‌خشک استرالیا تأثیرگذار بوده است. پستاندارانی همچون یلبی[1] (بزرگ‌گوشی متعلق به استرالیا)، مولگارا[2] (نوعی گوشت‌خوار به سایز موش) و دانارت[3] (یک جانور کیسه‌دار استرالیایی شبیه موش) و همچنین بسیاری از پرندگان حشره‌خوار و خزندگان می‌توانند بدون نوشیدن آب زنده بمانند و به همین دلیل نیاز به استفاده از آب سطحی کمی دارند. در واقع، آب مورد نیاز این حیوانات از طریق غذاهایی که می‌خورند، تامین می‌شود. حیوانات بزرگتر مانند کانگوروها نیز توزیع محدودی داشته و در طول خشکسالی در مجاورت آبچال‌ها و چشمه‌ها زندگی می‌کنند.

حفاری چاه‌ها بر حیات وحش تاثیر داشته است و در واقع حفاری به تامین آب در مناطقی منجر شده است که قبلا آب به ندرت وجود داشته است و در نتیجه، حیوانات مختلفی در این مناطق به وجود آمده‌اند و زیستگاه و تعداد حیات وحش تغییر یافته است.

ساخت هزاران کیلومتر کانال نیز منجر به در دسترس بودن دائمی آب در بیش از میلیون‌ها هکتار شده است که زمانی از آب‌های دائمی بسیار دور بوده‌اند. این منطقه برای حیوانات اهلی و بومی تا چرندگان وحشی مانند بز و خرگوش و حیوانات شکارچی مانند گربه‌ها و روباه‌ها قابل دسترس شده است. حیوانات شکارچی و حیوانات وحشی با بسیاری از حیوانات بومی کوچکتر برای زیستگاه و غذا رقابت می‌کنند و یا به طور مستقیم آنها را شکار می‌کنند. این حیوانات قبلاً می‌توانستند در مناطق خشک فقط پس از بارش باران زندگی کنند.

چریدن در این مناطق دورافتاده که قبلا آب وجود نداشته، تأثیراتی بر بوته‌ها و گونه‌های علفزار بومی داشته است. برخی از گیاهان- و حیواناتی که به آنها وابسته‌اند- به چریده‌شدن حساس هستند و در مناطق بزرگ از بین رفته‌اند، در حالی که برخی دیگر مانند بعضی از گونه‌های کانگوروها از مزایای آن بهره‌مند شده‌اند و محدوده خود را گسترش داده‌اند.

1. Bilby
2. Mulgara
3. Dunnart

فصل هفتم:

طرح ابتکاری پایداری

حوضه آرتزین بزرگ

طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ (GABSI)[1] به عنوان برنامه‌ای مشترک بین دولت‌های مشترک‌المنافع، کوئیزلند، استرالیای جنوبی، نیوساوت ولز و قلمروی شمالی استرالیا در سال ۱۹۹۹ تدوین شد. کمک به مالکان زمین در زمینهٔ احیای چاه‌ها و جایگزینی کانال‌های خاکی روباز با سیستم لوله‌کشی هدف این برنامه محسوب می‌شود.

مطابق این برنامه یارانه قابل توجهی به احیا و جایگزینی کانال (لوله‌کشی) اختصاص داده شده است. یارانه اختصاص داده شده به احیای چاه شامل حداکثر ۸۰ درصد هزینه‌ها است و در واقع هزینه‌های تحقیق، برنامه‌ریزی و طراحی پروژه، تامین مصالح و پیمانکاری را پوشش می‌دهد. ۲۰ درصد دیگر هزینه‌ها توسط مالک زمین تامین می‌شود.

یارانه جایگزینی کانال شامل هزینه‌های بررسی، طراحی، مصالح و پایش است. هزینه‌های نصب طرح لوله‌کشی به طور کامل بر عهده‌ی مالک زمین است. در مرحلهٔ اول این طرح، دولت استرالیا متعهد به پرداخت تقریبا ۳۲ میلیون دلار طی پنج سال (۲۰۰۴-۱۹۹۹) با هماهنگی سرمایه‌گذاری دولت‌های ایالتی و منطقه‌ای شد. دولت مشترک‌المنافع نیز متعهد به پرداخت ۴۲/۷ میلیون دلار بودجه طی ۵ سال (۲۰۰۹-۲۰۰۴) جهت تداوم مرحلهٔ دوم برنامه با هماهنگی ایالات و قلمرو شمالی استرالیا شد. دولت مشترک‌المنافع حدود ۷۵ میلیون دلار در سومین مرحلهٔ این برنامه (۲۰۱۵-۲۰۰۹) در زمینهٔ تاسیس شبکهٔ نظارتی کل حوضه رسوبی سرمایه‌گذاری کرده است.

۷-۱ برنامه احیای چاه‌ها قبل از سال ۱۹۹۹

جریان کنترل‌نشده از چاه‌ها و توزیع آب با استفاده از کانال‌های خاکی روباز در حوضه آرتزین بزرگ به اتلاف بیش از ۹۰ درصد آب از طریق تبخیر و نشت می‌انجامد. اتلاف آب بدین معناست که آب بیش از حد مورد نیاز تخلیه شده و بر فشار در آبخوان‌های آرتزین تاثیر می‌گذارد و سلامت اکوسیستم‌های مستقل و مهم آب زیرزمینی را در معرض تهدید قرار می‌دهد. به علت این اتلاف آب، دسترسی به منابع آب زیرزمینی برای کاربران جدید آب در حوضه آرتزین بزرگ و یا کاربران نزدیک این حوضه دشوار شده بود.

اتلاف آب، صدمات زیست‌محیطی را نیز در پی داشت:

- شورشدن آب و خاک؛
- گسترش انواع آفت‌ها در گیاهان و حیوانات؛
- کاهش فشار در برخی از چشمه‌های آرتزین طبیعی و در برخی موارد توقف جریان آب. اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی در برخی مناطق به شدت آسیب می‌بینند.

تعداد زیادی از مالکان در صورت نیاز نسبت به تعمیر چاه‌ها اقدام کرده بودند، ولی بسیاری از آنها نسبت به چاه‌ها بی اعتنا بوده و مایل بودند که آب چاه‌ها تا حد ظرفیت آن‌ها تخلیه شود. انتقال آب با لوله مستلزم هزینهٔ زیادی بود

1. Great Artesian Basin Sustainability Initiative

و تعداد معدودی از طرح‌های مبنی بر جایگزینی کانال موجود اجرا شده بودند. کوئینزلند، نیوساوت ولز و استرالیای جنوبی با اذعان به ضرورت کنترل چاه‌ها و جایگزینی کانال‌ها، کار خود را در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ شروع کردند و در این راستا، از سطوح مختلف کمک‌های دولت مشترک‌المنافع بهره‌مند شدند. بدون بهره‌گیری از یارانه دولت مشترک‌المنافع حتی با اذعان به مزایای عمومی ناشی از کاهش تلفات، احتمال داشت که اقدامات محدودی نسبت به کنترل تلفات صورت گیرد.

۷-۱-۱ کوئینزلند قبل از ۱۹۹۹

کوئینزلند سه پروژه‌ی سرمایه‌گذاری جداگانه داشت که یارانه‌ها را با بهره‌گیری از سرمایهٔ دولت‌های مشترک‌المنافع و ایالتی به این پروژه‌ها اختصاص می‌داد.

۱. پروژه‌ی احیای حوضه آرتزین بزرگ[1] (GABRP): ارائه کمک مالی و فنی به مالکان چاه جهت تعمیر چاه‌های آرتزین غیر قابل کنترل؛

۲. پروژه‌ی جایگزینی کانال‌ها[2] (BDRP) (راهبرد ساوت وست[3])؛

۳. پروژه‌ی جایگزینی کانال‌ها (طرح منطقه‌ای خشکسالی).

پروژه احیای حوضه آرتزین بزرگ در سال ۱۹۸۹ راه‌اندازی شد و ۲۰ درصد هزینهٔ تعمیر یا جایگزینی چاه توسط مالکان تامین می‌شد. در طول این دوره اقدامات لازم در ارتباط با ۳۲۷ چاه انجام شد و بعضی از آن‌ها تعمیر یا دوباره لوله‌کشی شده و برخی از آن‌ها پلمپ و جایگزین شدند. این اقدامات در مجموع به ذخیرهٔ ۴۳ میلیون و یکصد و بیست‌ودو هزار مترمکعب آب در سال منتهی شدند. راهبرد ساوت وست و طرح منطقه‌ای خشکسالی شباهت زیادی داشتند. راهبرد ساوت وست در جنوب غربی کوئینزلند اجرا شد و طرح منطقه‌ای خشکسالی در مناطق دچار خشکسالی در غرب کوئینزلند اجرا شد. میزان یارانه اختصاص‌یافته به این دو پروژه تنها تفاوت موجود در روش مدیریت این دو پروژه به شمار می‌آمد.

راهبرد ساوت وست در سال ۱۹۹۴ و طرح خشکسالی منطقه‌ای در سال ۱۹۹۵ راه‌اندازی شدند. این دو پروژه به طور کامل با طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ در فاصله سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۰ جایگزین شدند.

مطابق پروژه جایگزینی کانال‌ها، کمک مالی و فنی به مالکان چاه جهت جایگزینی کانال‌ها با سیستم لوله‌کشی ارائه می‌شد. در مقایسه با تعمیر چاه، جایگزینی کانال تحت یارانه دولتی مزایای بیشتری را برای مالکان چاه نسبت به منافع عمومی آن دربرداشت. از این رو، سطوح متفاوتی از یارانه‌ها اعمال می‌شد.

در طول اجرای این برنامه‌ها در ۶۱ حلقه چاه طرح جایگزینی لوله‌کشی به جای کانال اجرا گردید و بدین‌ترتیب، ۱۸۴۳ کیلومتر از کانال‌ها با ۲۶۹۸ کیلومتر لوله‌کشی جایگزین شد و در مجموع، ۲۹/۸۴۳ میلیون مترمکعب آب در سال صرفه‌جویی شد.

1. GAB Rehabilitation Project
2. Bore Drain Replacement Project
3. South West Strategy

۷-۱-۲ نیوساوت ولز قبل از ۱۹۹۹

در فاصله سال‌های ۱۹۷۶-۱۹۵۲، ۳۴۸ چاه‌های جریان‌دار توسط واحد حفاری دولت در دوبو[1] احیا شد. احیای ۶۹ حلقه چاه طی اولین مرحله (۱۹۵۶-۱۹۵۲) صورت گرفت. پس از آن در فاصله سال‌های ۱۹۶۰-۱۹۵۷، در راستای تعیین اثربخشی این برنامه اقدام جزئی صورت گرفت. در نتیجه این برنامه، جریان سالانه از چاه‌های واقع در نیوساوت ولز از ۱۷۹ میلیون مترمکعب در سال ۱۹۱۴ به ۱۰۶ میلیون مترمکعب در سال ۱۹۵۲ و ۹۵ میلیون مترمکعب در سال ۱۹۵۸ کاهش یافت. سپس همزمان با افزایش جریان در نتیجه مدیریت بهتر آب زیرزمینی، روند معکوسی مشاهده شد. تا سال ۱۹۶۰ که برنامه مجددا راه‌اندازی شد، جریان چاه به ۱۰۶ میلیون مترمکعب در سال افزایش یافت و با توقف پروژه در سال۱۹۷۶، جریان به ۱۱۸ میلیون مترمکعب در سال افزایش یافت و این روند صعودی همچنان ادامه داشت.

برنامه بعدی در زمینهٔ احیای چاه‌ها در سال ۱۹۹۰ با عنوان برنامهٔ احیای چاه حوضه آرتزین بزرگ[2] سازماندهی شد. احیا و کنترل چاه‌های آرتزین در نیوساوت ولز هدف این برنامه به شمار می‌آمد که شبیه برنامه اجرا شده در کوئینزلند بود. چاه‌هایی که حجم زیادی آب از دست می‌دادند و چاه‌هایی که مالکان آنها جهت انعقاد قرارداد برای سیستم لوله‌کشی اعلام آمادگی کرده بودند، در این برنامه از بالاترین اولویت برخوردار بودند. مطابق این برنامه یارانه ۸۰ درصدی برای احیای چاه اختصاص یافته بود، ولی برای لوله‌کشی اصلا یارانه‌ای در نظر گرفته نشده بود.

همزمان با معرفی برنامهٔ مهار تخلیه و لوله‌کشی آن‌ها[3] که به موجب آن علاوه بر یارانه ۸۰ درصدی برای احیای چاه‌ها، یارانه‌ی ۲۰ درصدی هم برای لوله‌کشی از اول ژوئن ۱۹۹۳ اختصاص داده شد، پیشرفت‌های بیشتری در این زمینه حاصل گردید. به‌علاوه، یارانه‌های دیگری مطابق طرح‌های منطقه‌ای خشکسالی و راهبرد وست ۲۰۰۰[4] اختصاص داده شد.

این برنامه‌ها تا زمان معرفی طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ در سال ۱۹۹۹ ادامه داشتند.

مطابق این برنامه‌ها، اقدامات مربوط به ۸۶ چاه و سیستم‌های توزیع آنها به طور کامل اجرا شد و در نتیجه، سالانه ۹/۰۵۱ میلیون مترمکعب آب صرفه‌جویی شد، ۱۳۹۱ کیلومتر کانال از شبکه توزیع آب حذف شد و همچنین۲۸۱۲ کیلومتر لوله‌کشی صورت گرفت.

۷-۱-۳ استرالیای جنوبی قبل از سال ۱۹۹۹

در سال ۱۹۷۷ پیرو درخواست شورای منابع آب استرالیای جنوبی[5]، دولت استرالیای جنوبی طی گزارشی، چاه‌های کنترل‌نشده در حوضه آرتزین بزرگ را مورد تأکید قرار داد. سپس، برنامه احیای چاه در سال ۱۹۷۷ راه‌اندازی شد.

ابتدا این برنامه بر احیای چاه‌های حفرشده برای لرزه‌نگاری و اکتشافات در غرب محدوده‌های پیک و دنیسون[6]

1. Dubbo
2. Great Artesian Basin Bore Rehabilitation Program
3. Cap and Pipe the Bores Program
4. West 2000 Strategy
5. South Australian Water Resources Council
6. Peake and Denison

متمرکز بود، ولی بعدا تمامی چاه‌های جریان‌دار کنترل نشده نیز مورد توجه قرار گرفت. بودجه پروژه به طور صد در صد توسط دولت تامین می‌شد و به هیچ تامین مالی از صنعت دامپروری و گله‌داری نیازی نبود.

از زمان آغاز برنامه احیای چاه در سال ۱۹۷۷، ۲۳۰ حلقه چاه احیا شده‌اند. البته، آمار چاه‌هایی که مراحل اجرایی احیای آنها تکمیل نشده بود یا فقط تجهیزات سرچاهی آنها تعمیر شده بود، لحاظ نشده است.

صرفه‌جویی خالص جریان آب تقریبا برابر با ۳۹/۵۴۲ میلیون مترمکعب در سال است.

۷-۱-۴ قلمرو شمالی استرالیا قبل از سال ۱۹۹۹

این منطقه دارای ۳ حلقه چاه در حوضه آرتزین بزرگ بود که همگی جزء چاه‌های جریان‌دار کنترل‌نشده بودند و از این رو نسبت به کنترل چاه یا پلمپ آنها اقدام شد. میزان آب ذخیره شده در این منطقه برابر با ۶ میلیون مترمکعب در سال است.

۷-۱-۵ خلاصه

نتایج برنامه‌های مهار فوران چاه و جداره‌گذاری در حوضه آرتزین بزرگ قبل از آغاز طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ در ژولای ۱۹۹۹ در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول۷-۱: نتایج برنامه‌های احیای حوضه آرتزین بزرگ قبل از آغاز طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ

قبل از آغاز طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ	چاه‌های کنترل شده	حذف کانال (کیلومتر)	لوله کشی (کیلومتر)	آب ذخیره‌شده در سال (میلیون مترمکعب)
کوئینزلند	۳۲۷	۱,۸۴۳	۲,۶۹۸	۷۲/۴۷۶
نیوساوت ولز	۸۶	۱,۳۹۱	۲,۸۱۲	۹/۰۵۱
استرالیای جنوبی	۲۳۰	–	–	۳۹/۵۴۲
قلمرو شمالی استرالیا	۳	–	–	۶
کل حوضه آرتزین بزرگ	۶۴۶	۳,۲۳۴	۵,۵۱۰	۱۲۷/۰۶۹

یارانه دولت مشترک‌المنافع متعاقب طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ در سال ۱۹۹۹معرفی شد. طرح مذکور با هدف کمک به مالکان زمین در زمینه احیای چاه‌ها و جایگزینی کانال با سیستم لوله‌کشی به طور مشترک بین دولت‌های مشترک‌المنافع، ایالتی و منطقه‌ای اجرا شد. برنامه‌ی مذکور ورودی مالی قابل توجهی را در برداشت و از این رو، روند اجرایی برنامه با سرعت بیشتری ادامه پیدا کرد.

۷-۲ مرحله‌ی اول GABSI: بین سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۹

در مرحله اول برنامه GABSI (۲۰۰۴-۱۹۹۹)، دولت استرالیا با هماهنگی دولت‌های ایالتی و کمک‌های مالکان زمین تقریبا ۳۲ میلیون دلار بودجه به این برنامه اختصاص داد (طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ، ۲۰۱۱).

طی مرحله اول اقدامات قابل توجهی در حوضه آرتزین بزرگ صورت گرفت (به جدول ۷-۲ رجوع شود).

جدول ۷-۲: نتایج برنامه‌های احیای حوضه آرتزین بزرگ در مرحله اول طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ (۲۰۰۴-۱۹۹۹)

مرحله اول طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ	چاه‌های کنترل شده	حذف کانال (کیلومتر)	لوله‌کشی (کیلومتر)	آب ذخیره‌شده در سال (میلیون مترمکعب)
کوئینزلند*	۱۵۰	۷۷۴	۶,۳۸۴	۴۸/۶۵۷
نیوساوت ولز	۱۱۱	۳,۴۰۹	۶,۲۸۵	۲۶/۰۹۳
استرالیای جنوبی	۱۰	۱۸۵	۲۹۰	۱۷/۴۹۱
قلمرو شمالی استرالیا	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	–
کل حوضه آرتزین بزرگ	۲۷۱	۴,۳۶۸	۱۲,۹۵۹	۹۲/۲۴۱

* سازمان منابع طبیعی و مواد معدنی (در دست چاپ)

طی بررسی مرحله‌ی اول، کارآیی این طرح با توجه به اهداف و نتایج مورد نظر مورد بررسی قرارگرفت (هسال و همکاران، ۲۰۰۳). به علاوه، میزان اجرای اقدامات تکمیلی دولتهای ایالتی و منطقه‌ای، نقاط قوت و نقاط ضعف ساختارهای مدیریتی این طرح و تمهیدات مربوط به تحویل پروژه و همچنین تمهیدات مربوط به ارائه گزارش نیز مورد بررسی قرار داده شد. میزان بازگشت سرمایه فعلی و احتمالا آتی دولت‌ها و سایر ذی‌نفعان طرح نیز تعیین شد.

نتایج بررسی پس از سه سال اجرای طرح مذکور عبارتند از:

۱. نوسازی و جایگزینی زیرساخت: عملیات در پوش‌گذاری چاه برای مهار آرتزین در تقریبا ۱۲ درصد از چاه‌های واجد شرایط و به همین ترتیب، جایگزینی حدود ۱۵ درصد از کانال طی سه سال در مرحله اول طرح. با توجه به درصد تحقق هدف ۱۵ ساله، موفقیت چشمگیری حاصل شده بود.

۲. بازیابی فشار: نیوساوت ولز قبل از سررسید پنج‌ساله، موفق به تحقق هدف خود در مناطق وسیعی شد. استرالیای جنوبی در زمینه بازیابی فشار پیشرفت نسبتا کمی داشت. بازیابی فشار در منطقه‌ی فلیندرز در شمال کوئینزلند قابل توجه بود. در کل حوضه آرتزین بزرگ بازیابی فشار پیش‌بینی شده (مدل‌سازی شده) طبق انتظار با موفقیت صورت گرفت.

۳. ذخایر آب: کل آب ذخیره شده طی سه سال اول مرحله اول این طرح برابر با ۴۱/۵۴۶ میلیون مترمکعب در سال بود. با توجه به پیشرفت اولیه نسبتا کند در کوئینزلند، فرض بر این بود که این دستاورد خوبی محسوب می‌شد و نتیجه مورد نظر به احتمال زیاد عملی بود و همسو با چهارچوب برنامه مدیریت راهبردی[1] بود (GABCC، 2011b).

۴. بازیابی چشمه: بازیابی قابل توجه فشار چشمه‌ها در اطراف چشمه‌های واقع در منطقه‌ی فلیندرز رخ داد، ولی در اطراف چشمه‌های مناطق دیگر بازیابی متوسط و جزئی مشاهده شد. اگرچه در ارتباط با سراب که به چشمه‌های جوشان[2] معروف هستند، به طور رسمی هدف خاصی تصریح نشده بود، ولی میانگین بازیابی فشار در اطراف همه چشمه‌ها طی سه سال برابر با ۱/۱ متر بود که کمتر از هدف پنج ساله بود که به طور ضمنی ۲ متر در نظر گرفته شده بود. تاثیرات بازیابی فشار بر سلامت کلی چشمه متفاوت بود و سال‌ها به طول می‌انجامد تا مشخص شود.

این بررسی، درباره مدیریت برنامه و تمهیدات تحویل پروژه نظر مساعدی داشت، ولی بر ضرورت بهبود روند ارائه گزارش تأکید داشت. این برنامه مزایای شخصی قابل توجهی را برای مالکان زمین نظیر عدم نیاز به نگهداری از کانال‌ها دربرداشته است و همچنین مزایای عمومی در پی داشته است که البته به میزان کمتری مشهود است و می‌توان به عنوان مثال به حفاظت از محیط زیست و بهبود محیط زیست اشاره کرد.

۷-۳ مرحله دوم GABSI: بین سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۴

دولت استرالیا مجدداً با هماهنگی دولت ایالتی و کمک مالکان زمین، بودجه ۴۲/۷ میلیون دلاری را در مرحلهٔ دوم (۲۰۰۹-۲۰۰۴) به این برنامه اختصاص داد (GABSI، 2011).

دومین مرحله برنامه در ژولای ۲۰۰۴ به مدت ۵ سال آغاز شد و نتایج آن در جدول ۷-۳ ارائه شده است.

1. Strategic Management Plan

۲. به چشمه‌هایی اطلاق می‌گردد که در دهانه خروجی آب یک دریاچه کوچک تشکیل شده و در حقیقت روزنه چشمه در زیر آب قرار دارد.

جدول ۷-۳: نتایج برنامه‌های احیای حوضه آرتزین بزرگ در مرحله‌ی دوم طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ (۲۰۰۴-۲۰۰۹)

مرحله دوم طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ تا ژوئن ۲۰۰۸	چاه‌های کنترل شده	حذف کانال (کیلومتر)	لوله‌کشی (کیلومتر)	آب ذخیره‌شده در سال (میلیون مترمکعب)
کوئینزلند*		۴,۲۱۱	۴,۴۹۱	۴۹/۱۶۷
نیوساوت ولز		۵,۵۷۶	۴,۶۰۵	۲۵/۰۷۵
استرالیای جنوبی		۰	۱۴۹	۰/۷۴۲
قلمرو شمالی استرالیا	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.	داده‌ای ثبت نشده است.
کل حوضه آرتزین بزرگ	۲۱۳	۹,۷۸۷	۹,۲۴۵	۷۴/۹۸۷

* سازمان منابع طبیعی و مواد معدنی (در دست چاپ)

بررسی میان‌مدت مرحله دوم نشان داد که موفقیت‌های چشمگیری در تحقق اهداف مورد نظر طی این مرحله حاصل شده بود و این مساله توسط بیشتر کارکنان سازمان و مالکان زمین نیز تصدیق شده بود. با این‌حال، خشکسالی و افزایش هزینه‌های مصالح و نیروی کار موجب کاهش سکوهای حفاری و مصالح شده و در نتیجه برخی از اقدامات موثر بر روند اجرایی برنامه با تاخیر انجام شدند.

کارشناسان همچنین دریافتند که با توجه به مزایای شخصی و پایداری گسترده‌تر حوضه آرتزین بزرگ، سومین مرحله این برنامه مورد حمایت قوی اکثر ذی‌نفعان قرار خواهد گرفت. آنها اظهار داشتند که خروجی برنامه از نظر آب‌زمین‌شناختی، زیست‌محیطی و اقتصادی نیز باعث شده است که ادامه مرحلهٔ سوم این برنامه مورد حمایت قرار گیرد.

۷-۴ مرحله سوم GABSI: بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۹

دولت استرالیا برای اجرای این مرحله از برنامه متعهد گردید ۷۵ میلیون دلار را طی ۵ سال از ژولای ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۴ به این برنامه اختصاص دهد. در جدول ۷-۴ نتایج برنامه تا ژوئن ۲۰۱۳ به طور خلاصه ارائه شده است.

جدول ۷-۴: اقدامات صورت گرفته طی سومین مرحله طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ (تا ژوئن ۲۰۱۳)

مرحله سوم طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ تا ژوئن ۲۰۱۳	چاه‌های کنترل شده	حذف کانال‌ها (کیلومتر)	لوله‌کشی (کیلومتر)	آب ذخیره‌شده در سال (میلیون مترمکعب)
کوئینزلند*	۹۵	۱,۸۵۴	۲,۶۵۶	۲۱/۳۹۳
نیوساوت ولز	۶۳	۱,۶۹۸	۲,۸۰۹	۱۳/۸۰۳
استرالیای جنوبی	۸	۱۱	۲۵	۲/۵۷۹
کل حوضه آرتزین بزرگ	۱۶۶	۳,۳۸۵	۵,۴۹۰	۳۶/۱۷۸

بررسی میان‌مدت و مستقل مرحله سوم نشان می‌داد که این برنامه بسیار موفقیت‌آمیز بوده و مورد تجلیل ذی‌نفعان قرار گرفته بود. این بررسی همچنین نشان داد که تمامی مراحل مورد نظر در برنامه اجرا شده بود، با این حال، ارزیابی میزان پیشرفت برنامه به راحتی مقدور نبوده است.

احیای چاه‌های با جریان زیاد در این مرحله در اولویت اصلی قرار داشت، اما برای مالکان زمین همچنان هزینه‌های مربوطه مانع اصلی جهت احیای چاه‌ها یا کانال‌ها در زمین خود به شمار می‌آمد.

۷-۵ برنامه پایش

این بخش (برنامه پایش) برگرفته از کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ است.

شبکه نظارتی کل حوضه (شبکه) در سومین مرحله طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ جهت نظارت بر تاثیرات پیاده‌سازی این برنامه و تعریف رویکردهای آتی مدیریت حوضه تاسیس گردید و بدین‌ترتیب، امکان ارزیابی وابسته به زمین و رو سطحی در زمینه‌ی بازیابی فشار این حوضه فراهم شد.

دولت مشترک‌المنافع با کمک دولت‌های ایالتی و مشارکت جمعی مالکان زمین ۴/۴ میلیون دلار جهت تاسیس این شبکه سرمایه‌گذاری کرده است. پس از تکمیل عملیات، مشکل فقدان اطلاعاتی که در بررسی میان‌مدت مرحله دوم شناسایی شده بود، بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده در شبکه برطرف شد و سیستم جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آب که مطابق قانون آب ۲۰۰۷[1] مورد نیاز بودند، توسعه یافت.

برنامه‌ریزی برای شبکه توسط کارگروه فنی حوضه آرتزین بزرگ[2] (TWG) اجرا گردید. کارگروه مذکور متشکل از آب‌زمین‌شناسان متعدد از دولت‌های نیوساوت ولز، کوئینزلند، قلمرو استرالیای شمالی، استرالیای جنوبی و مشترک‌المنافع

1. Water Act 2007
2. GAB Technical Working Group

بود و مسئولیت ارائه کمک‌های علمی به کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ و هماهنگ‌سازی فعالیت‌های تحقیقاتی در این حوضه را بر عهده داشت.

یک رویکرد دو مرحله‌ای در ارتباط با این شبکه اجرا شد:

مرحله اول در ژوئن ۲۰۰۸ آغاز شد. این مرحله توسط کارکنان حوزه قضایی دولتی با همکاری مالکان زمین جهت ایجاد یک شبکه نظارتی برای ۲۰۲ حلقه چاه اجرا شد تا فشار، دما، pH، هدایت الکتریکی و جریان از آبخوان مورد لوله‌کشی و درپوش‌گذاری شده از طریق چاه‌ها اندازه‌گیری شود. با ارتقای تجهیزات سرچاهی به منظور کنترل خروج آب امکان دسترسی برای نظارت دستی یا نصب تجهیزات اندازه‌گیری خودکار در این ۲۰۲ حلقه چاه فراهم شد. از مجموع ۲۰۲ چاه موجود در شبکه، ۱۳۰ چاه در کوئینزلند، ۲۹ چاه در نیوساوت ولز، ۴۱ چاه در استرالیای جنوبی و ۲ چاه در قلمرو شمالی استرالیا واقع شده است. از بین این چاه‌ها، ۲۹ چاه در نیوساوت ولز، ۱۸ چاه در کوئینزلند، ۲۱ چاه در استرالیای جنوبی و ۲ چاه در قلمرو شمالی استرالیا مجهز به تجهیزات اندازه‌گیری خودکار شدند. به علاوه، در ۴ چاه نیمه‌آرتزینی در قلمرو شمالی استرالیا، دیتالاگر (ثبت‌کننده داده) جهت اندازه‌گیری سطح آب راکد نصب شد.

مرحله‌ی دوم در ژوئن ۲۰۰۹ شروع شد. در این مرحله شبکه گسترش داده شد و نظارت در شبه‌جزیره کیپ یورک، نظارت بر چاه نیمه‌آرتزینی (به استثنای قلمرو شمالی استرالیا که طی مرحله اول نظارت بر چاه نیمه‌آرتزینی در این منطقه صورت گرفته بود)، نظارت خاص بر چشمه و نظارت بر آبخوان‌های عمیق‌تر نیز در این مرحله در دستور کار قرار گرفت.

جامعه گونه‌های بومی و محلی که زندگی آن‌ها وابسته به تخلیه طبیعی آب زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ است، تحت حمایت قوانین ایالتی و همچنین *قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی (۱۹۹۹)* قرار گرفتند. ارتفاع دقیق بیش از ۴۰۰۰ چشمه قبلا در استرالیای جنوبی برآورد شده است. در مرحله دوم، بررسی ارتفاع چشمه در آفریقای جنوبی ادامه یافت و ارتفاع ۲۶۷ چشمه در کوئینزلند و ۳ چشمه در نیوساوت ولز اندازه‌گیری شد. بررسی ارتفاع چشمه به بهبود روند نظارت و مدیریت چشمه‌ها در حوضه آرتزین بزرگ کمک می‌کند و امکان ارزیابی دقیق‌تر تاثیر برداشت آب‌های زیرزمینی بر چشمه‌ها در زمان حال و آینده را میسر می‌سازد.

به کمک اطلاعات ارائه شده از طریق این شبکه، کاربران آب به اثرات برداشت آب بر حوضه آرتزین بزرگ پی برده و اثرات طرح‌های جدید برای تخصیص آب را پیش‌بینی می‌کنند. این شبکه از طریق ابزارهای تصمیم‌گیری به مدیران کمک می‌کند. همچنین، این شبکه به ایجاد امنیت برای کاربران آب و حفاظت از اکوسیستم‌های وابسته به آب و ارزش‌های فرهنگی مبتنی بر تخلیه طبیعی آب از این حوضه کمک خواهد کرد.

فصل هشتم:

ارزش‌های مرتبط با منابع آب زیرزمینی

موضوع ارزش‌های آب زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ در مطالعه اصلی (کاکس و بارون، ۱۹۹۸) و در برنامه مدیریت راهبردی (GABCC ۲۰۰۰) به طور مفصل شرح داده شده است. نکتهٔ اصلی در این بررسی‌ها این است که کشف و توسعهٔ آب‌های زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ عامل اصلی برای استقرار سکونت‌گاه‌های منطقه‌ای در این حوزه می‌باشد. امروزه این امر همچنان به قوت خود باقی است.

در طول دهه‌ای که بررسی اصلی حوضه آرتزین بزرگ منتشر شد، اطلاعات بیشتری دربارهٔ ارزش منابع آب زیرزمینی در اختیار دارندگان مجوز (ارزش‌های بازاری) و جامعه گسترده‌تر (ارزش‌های غیر بازاری) قرار گرفته است.

بررسی قبلی بیانگر اهمیت آب این حوضه از نظر اعتبار آن است که به‌ویژه در مورد مناطق دورافتاده غرب کوئینزلند و نیوساوت ولز و در شمال استرالیای جنوبی صدق می‌کند. در این مناطق، منابع آب ذخیره‌ای و شهری معتبری از طریق حوضه آرتزین بزرگ تأمین می‌شود.

۸-۱: ارزش‌های اقتصادی

ارزش اقتصادی آب زیرزمینی- بر حسب ارزش به ازای هر هزار مترمکعب (مگالیتر)- بسته به زمان و مکان بسیار متفاوت است. ارزش هرگونه مصرف خاص آب زیرزمینی به متغیرهای متعددی بستگی دارد:

- ویژگی‌های منابع آب زیرزمینی (نظیر کمیابی، کیفیت و اعتبار)؛
- شرایطی که آب در آن مصرف می‌شود (به ویژه این‌که آیا منبع آب جایگزین دیگری وجود دارد یا خیر)؛
- نوع مصرف (نظیر آبیاری، معدن، تولید، مصرف آب برای بخش خانگی و ...)

تعیین سهم آب حوضه آرتزین بزرگ در صنایعی که به آن وابسته هستند، به طور شگفت‌انگیزی دشوار است. اگرچه آب زیرزمینی این حوضه منبع آب معتبری محسوب می‌شود، ولی تنها یکی از چند منابع آب موجود است. تعیین نقش هر یک از منابع آب کار ساده‌ای نیست. بنابراین بهترین رویکرد برای ارزیابی ارزش آب حوضه آرتزین بزرگ شامل ارزیابی بر اساس جدیدترین شواهد مبنی بر تمایل مصرف‌کنندگان آب برای پرداخت آب بها و تمایل دولت‌ها برای اختصاص هزینه به ذخیره آب‌های زیرزمینی است.

۸-۱-۱ ارزش بازار

برای عرضه آب تخصیص‌نیافته حوضه آرتزین بزرگ در سه منبع آب زیرزمینی در نیوساوت ولز طی مزایده‌ای در تاریخ ۲۱ ژولای ۲۰۰۹ مجوز اعطا شد. در نتیجه این امر، دارندگان مجوز به‌خوبی به ارزش این منبع آب پی بردند. در جدول ۸-۱، قیمت‌های محقق‌شده در مزایده ارائه شده است. به نظر می‌رسد که با این مزایده، ارزش آب این حوضه برای دارندگان مجوز محرز شد. در صورت اعمال این نرخ برای کل آب حوضه مذکور که سالانه در دسترس قرار داده می‌شود، ارزش مصرف مستقیم از منبع حداقل ۴۵۷ میلیون دلار است. ارزش آب برای بسیاری از دارندگان مجوز

به احتمال زیاد به میزان قابل توجهی بیش از ارزش حاشیه‌ای است که در مزایده محقق می‌شود.

جدول ۸-۱: نتایج مزایده برای آب حوضه آرتزین بزرگ در نیوساوت ولز

میزان فروش آب (هزار مترمکعب)	قیمت هر هزار مترمکعب آب (دلار) (قیمت میانگین)
۵۰	۱,۰۰۰
۴۵۰	۸۰۰
۴۰۰	۷۰۰
۳۰۰	۶۰۰
۱۲۰۰	**۷۲۵ (قیمت میانگین)**

سهم دقیق آب زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ در اقتصاد روستایی استرالیا را نمی‌توان تعیین کرد، اما با توجه به الگوی تاریخی توسعه این حوضه و وابستگی برخی صنایع به منابع آب زیرزمینی مشخص است که این منبع عاملی حیاتی در توسعهٔ اقتصادی به شمار می‌آید.

به‌عنوان مثال، در استرالیای جنوبی با فرض اینکه ۱۰۰ لیتر آب برای هر راس گاو و ۲۰ لیتر آب برای هر راس گوسفند و همچنین ۲۰ درصد دیگر آب برای حیوانات اهلی و وحشی مصرف می‌شود، تقاضا برای مصرف خانگی و دام و برای ذخیره‌سازی (حداکثر ظرفیت بارگیری) تخمین زده می‌شود (DENWR، استناد شده در منابع منتشر نشده).

هزینه‌کرد دولت‌های ایالتی و منطقه‌ای و مشترک‌المنافع در زمینهٔ کنترل تبخیر و لوله‌کشی نیز بیانگر ارزش آب حوضه آرتزین بزرگ است. ذخایر آب حاصل از کنترل تبخیر و لوله‌کشی تا اواخر ژوئن ۲۰۰۸ برابر با ۱۵۷ میلیون مترمکعب به ازای کل هزینه‌کرد ۱۲۵ میلیون دلاری دولت برآورد می‌شوند که این به معنی تمایل به پرداخت حدود ۸۰۰ دلار برای هر هزار مترمکعب آب زیرزمینیِ ذخیره شده است (جدول ۸-۲).

جدول ۸-۲: هزینه‌کرد بر اساس طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ

برنامه	هزینه‌کرد (میلیون دلار)	آب ذخیره‌شده (میلیون مترمکعب در سال)	هزینه آب ذخیره‌شده (دلار به ازای هر هزار مترمکعب)
قبل از آغاز برنامه	۲۵	۷۱	۳۵۲
مرحله اول برنامه	۴۱/۹	۵۵	۷۶۱
مرحله دوم برنامه	۵۹	۴۴	۱۳۴۰
کل (میانگین)	۱۲۵/۹	۱۷۰	۷۴۰

۸-۱-۲ ارزش‌های غیر بازاری

علاوه بر ارزش بازاری منابع، این منابع ارزش‌های نامحسوسی برای کاربران و جامعه گسترده‌تر در بردارند. رولف (۲۰۰۸) ارزش‌های اقتصادی خارج از مزرعه[1] را مورد بررسی قرار داده است که از طریق ذخیرهٔ آب زیرزمینی و نگهداشتن فشار داخلی در آبخوان‌های حوضه آرتزین بزرگ تعیین می‌شوند. رولف (۲۰۰۸) اظهار داشت که بهبود مدیریت حوضه، مزایای متعددی را برای مدیران زمین و سایر گروه‌های جامعه دربرخواهد داشت، هر چند این مزایا به راحتی قابل اندازه‌گیری نیستند. برای سایر بهره‌برداری‌های غیر از کشاورزی مواردی به شرح زیر قابل ارائه می‌باشند:

- مزایای ناشی از بهره‌برداری مستقیم: مانند بهره‌برداری مستقیم کاربران برای تفریح.
- مزایای ناشی از بهره‌برداری غیر مستقیم: مانند ارائه خدمات و محرک‌های اقتصادی ناشی از ایجاد صنعت و شهرک‌های منطقه‌ای.
- مزایای ناشی از عدم بهره‌برداری: مانند مزایای مربوط به حفاظت از دارایی، حفظ دارایی‌های اکولوژیکی و تنوع زیستی و حفظ میراث فرهنگی.

رولف (۲۰۰۸) به منظور ارزیابی روش‌های مشابه مورد استفاده جهت تعیین ارزش غیر بازاری و همچنین به منظور برآورد ارزش‌ها بر اساس مطالعه موردی حوضه آرتزین بزرگ و سایر مطالعات صورت گرفته در راستای ارائه برخی دلایل مبنی بر ارزش‌های بالقوه مزایای خارج از مزرعه، از فرآیند انتقال مزایا[2] استفاده کرد. گروه‌ها و برآوردهای اصلی مزایا در جدول ۸-۳ نشان داده شده است.

1. Off-farm economic values

۲. تجسم منافع از یک مکان و زمان به زمان دیگر در همان مکان یا مکان جدید است. بنابراین، انتقال مزایا شامل تطبیق مطالعات اصلی به یک برنامه سیاستی جدید در همان محل یا سازگار ساختن آن با مکان دیگری است.

جدول ۸-۳: ارزش‌های خارج از مزرعه حاصل از ذخیره آب حوضه آرتزین بزرگ

منبع: رولف (۲۰۰۸)

تعیین ارزش	ارزش سالانه تخمینی
ارزش‌های ناشی ازبهره‌برداری مستقیم برای تفریح و گردشگری	حداقل حدود ۰/۵ میلیون دلار در سال
ارزش‌های اختیار[1] (برای اهداف بهره‌برداری آتی و عدم بهره‌برداری)	زیرمجموعه ۱۰۰ میلیون دلاری در سال (احتمالا کمتر از ۲۰ میلیون دلار در سال)
ارزش‌های حفاظت از تنوع زیستی برای تنوع زیستی بومی	زیرمجموعه ۱۲۳/۶ میلیون دلاری در سال (احتمالا کمتر از ۴۱ میلیون دلار در سال) برای ۱۲ گروه اصلی از چشمه‌های دارای اکوسیستم‌های منحصر به‌فرد و همچنین ۵/۸ میلیون دلار در سال برای یک گونه در معرض خطر
ارزش‌های حفاظت از تنوع زیستی برای دفع آفات و علف‌های هرز	ارزش لحاظ شده در برآوردهای مزایای تنوع زیستی
ارزش‌های حفاظت از میراث فرهنگی	ارزش قابل توجه که البته امکان ارزیابی به دلیل فقدان داده‌ها وجود ندارد
خدمات اکوسیستم: کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	سالانه تقریبا ۱/۱۴ میلیون دلار صرف کاهش هزینه‌ها برای دستیابی به اهداف انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. البته منوط به این‌که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اهداف ملی و محدودیت در تجارت کربن لحاظ شده باشد.

رولف (۲۰۰۸) چنین نتیجه‌گیری می‌کند که مزایای خارج از مزرعه ناشی از بهبود مدیریت حوضه آرتزین بزرگ ممکن است برابر با تقریبا ۶۸ میلیون دلار در سال باشد، اما با توجه به فقدان مطالعات اولیه مناسب در زمینه روش‌های انتقال مزایا باید در استفاده از این برآورد احتیاط کرد.

اگرچه بر اساس داده‌های موجود، امکان ارزیابی رسمی ارزش‌های میراث فرهنگی این حوضه وجود ندارد، ولی کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ (سال ذکر نشده است) این ارزش‌ها را به طور مفصل به شرح زیر توصیف کرده است.

شواهد متعددی وجود دارد که حوضه آرتزین بزرگ برای هزاران سال قبل از استقرار اروپا حیات افراد بومی خود را تداوم بخشیده است و امروزه جزء لاینفک فرهنگ و اعتقادات بسیاری از جوامع بومی محسوب می‌شود. چشمه‌ها و تالاب‌های این حوضه از اکوسیستم‌های گیاهی و حیوانی منحصر به فردی حمایت می‌کنند که افراد بومی به عنوان منابع غذایی از آن‌ها استفاده می‌کنند.

1.Option values

مسیرهای تجارت و مسافرت که اطراف چشمه‌های این حوضه شکل گرفته بودند به ایجاد آبادی‌های نیمه‌دائمی در بیابان منجر شده بودند. داستان‌های قهرمان‌های فرهنگی بومیان نیز به چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ مربوط می‌شوند که بر ارتباط عمیق فرهنگی بین بومیان استرالیا و این چشمه‌ها دلالت دارند.

ارزش‌های فرهنگی بومی در مناطق وابسته به آب‌های زیرزمینی برای بسیاری از افراد غیربومی به راحتی قابل درک نیست. به همین دلیل هم ارائه گزارشی ساده درباره اهمیت آب‌های زیرزمینی برای بومیان این مناطق، روش مناسبی نیست. در این راستا، بررسی دقیق و تحقیقات فرهنگی مناسبی در ارتباط با اعتقادات فرهنگی بومیان درباره چشمه‌های واقع در حاشیه غربی حوضه آرتزین بزرگ انجام شده است و تحقیق مشابهی باید بلافاصله در زمینه چشمه‌های واقع در سراسر این حوضه صورت گیرد. انجام این تحقیقات با توجه به فشارهای وارده جهت توسعه فعلی آن بیش از پیش ضروری است.

فصل نهم:

پایداری منابع

فصل حاضر برگرفته از تحقیق رنسلی و اسمردون (۲۰۱۲) است.

بر اساس بررسی مفهومی و به‌روزشده سیستم آب‌زمین‌شناختی حوضه آرتزین بزرگ توسط رنسلی و اسمردون در سال ۲۰۱۲، مکانیسم‌های موثر بر تغذیه و تخلیه در حوضه آرتزین بزرگ که قبلاً مبهم و یا ناشناخته بودند، شناخته شده‌اند. البته، امکان برآورد تمامی جریانات (شارهای) آب زیرزمینی منشأ گرفته از برخی از این مکانیسم‌ها وجود ندارد و از این رو باید آنها را در ارتباط با برآوردهای توازن حوضه‌های آبی گسترده مورد بررسی قرار داد. به منظور ارائه یافته‌های کلیدی این ارزیابی و تاثیر آنها بر توازن آب این حوضه، توازن آب برای هر زیرحوضه در یک چارچوب مفهومی آب‌زمین‌شناختی نشان داده شده است (جدول ۹-۱). مولفه‌های مهم و جدید در توازن آب حوضه مذکور عبارتند از: تغذیه درون‌حوضه‌ای، تغذیه از حوضه رسوبی بالایی، تلفات از طریق تبخیر و تعرق از سطح ایستابی و گیاهان، تلفات از طریق تغییر سطح ایستابی به دلیل نشت آب رودخانه‌ها که به منظور تنظیم سطح ایستابی رودخانه‌ها به‌صورت طبیعی و به واسطه تقسیم و تغذیه این حوضه صورت می‌گیرد و همچنین نشت و نفوذ رو به بالایی است که تاکنون محاسبه نشده است[1].

جدول ۹-۱: توازن آب برای هر زیرحوضه رسوبی- در حوضه آرتزین بزرگ- در چارچوب مفهومی آب‌زمین‌شناختی (در جدول زیر، مدل‌های مفهومی توازن آب حوضه‌های رسوبی کارپنتاریا، اورمانگا و سورات به طور خلاصه ارائه شده است (به پیوست ۲ رجوع شود).

حوضه رسوبی	جریان ورودی		جریان خروجی	
	شرح	میلیون مترمکعب در سال	شرح	میلیون مترمکعب در سال
کارپنتاریا	تغذیه (لایه‌های ژوراسیک-کرتاسه)	۴۳۲	جریان پایه تخلیه چشمه	۶۳۰
	تغذیه (لایه‌های کلاراویل[1])	۱۷۷	تخلیه از طریق سرباره	۱۰
	تغذیه (لایه‌های ویابا[2])	۱۸۱	تبخیر و تعرق	نامشخص
			تخلیه در ساحل	نامشخص
اورمانگا	تغذیه (لایه‌های ماسه‌سنگی هورای-هاتون)	۱۴۲	تخلیه از طریق سرباره (لایه‌های ماسه‌سنگی هورای-هاتون)	۲۴۴
	تغذیه (آبخوان وینتون-ماکوندا)	۱۶۴	تخلیه از طریق سرباره (آبخوان وینتون-ماکوندا)	۱۳/۲
	تغذیه (ماسه‌سنگ کاندا-اووی و آلگباکینا[3])	۶/۶	تخلیه از طریق سرباره (ماسه‌سنگ کاندا-اووی و آلگباکینا)	نامشخص

۱. در شرایطی که سطح آب رودخانه‌ها پایین می‌آید، به منظور حفظ توازن آب، جریان آب‌های زیرزمینی به سمت رودخانه‌ها جاری شده و به نوعی رودخانه را تغذیه می‌کند تا سطح آب به حالت عادی باز گردد. این در اثر فشار منفی است که در سطح زمین ایجاد شده و یک رویداد طبیعی است.

اورومانگا	جریان بین لایه‌ای از حوضه رسوبی سورات	نامشخص	تخلیه پراکنده	۱۹۶
	نشت از حوضه رسوبی گالیلی	نامشخص	تبخیر و تعرق	۴۴
	نشت از حوضه رسوبی آداوال و گودال وارابین	نامشخص	تخلیه چشمه‌ها	۵۰
	نشت از حوضه رسوبی کوپر	نامشخص	کانال دیرینه تالارینگا[4]	نامشخص
			کانال دیرینه کینگونیا[5]	نامشخص
سورات	تغذیه (لایه‌های ماسه‌سنگ هورای-هاتون)	۱۵۳	تخلیه از طریق سرباره (لایه‌های ماسه سنگ هورای-هاتون)	۱۲۶/۵
	تغذیه (لایه ماسه‌سنگ پیلیگا)	۸۴	تخلیه (رودخانه داوسون)	۸/۶
	تغذیه (سازند گریمان کریک)	۰/۸	تخلیه (رودخانه برنت)	۳/۹
	جریان بین‌لایه‌ای به حوضه رسوبی اورومانگا	نامشخص	پس‌زدن تغذیه چشمه‌ها	۲۵
			تولید گاز زغال سنگ	نامشخص
			چاه‌ها	۳/۲
			چشمه‌های نیو ساوت ولز	۰/۰۲
			تبخیر و تعرق	۵۶
			نشت پراکنده	۹۳
			تخلیه (چشمه‌های یولو)	۰/۲
			تخلیه (چشمه‌های گروه اسپرینگ‌شور)	۱۲
			تخلیه (آبخوان آبرفتی رودخانه دارلینگ)	نامشخص
کل		**۱۳۴۰/۴**		**۱۶۲۶/۱۲**
			تفاوت جریان	**-۲۸۵/۷۲**

توازن آب حوضه آرتزین بزرگ (جدول ۹-۱) نشان‌دهنده کاهش خالص سالانه آب ذخیره شده در حوضه می‌باشد. یافته حاصله با دیدگاه‌های ارائه شده توسط گاج (۲۰۱۳) و رانسلی و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد.

در برنامه‌های آتی مدیریت این حوضه باید امکان دسترسی به آب زیرزمینی برای اهداف مصرفی و محیط زیست و سایر کاربردهای منابع آب و همچنین گزینه‌های ایمن برای توسعه و استفاده نسل‌های بعدی لحاظ شود.

از آنجا که حجم پایدار نسبتا محدودی برای برداشت آب زیرزمینی وجود دارد، رقابت روزافزون برای دسترسی به آن مشاهده می‌شود. همزمان، افزایش آگاهی از ضرورت حفاظت از ارزش‌های زیست‌محیطی احتمالا باعث رقابت بین مصرف‌کنندگان و تقاضاهای محیط زیست می‌شود.

1. Claraville
2. Wyaaba
3. Algebuckina
4. Tallaringa
5. Kingoonyah

انتظار می‌رود که برداشت آب توسط مصرف‌کنندگان به حدی باشد که با ارزش‌های این حوضه همسو بوده و به اندازه مورد قبول در جامعه صورت گیرد. مصرف‌کنندگان آب با فرض بهره‌مندی بلندمدت از منابع آب، برای سرمایه‌گذاری تصمیم‌گیری می‌کنند و به مجوز برداشت آب به مدت زمان مشخص جهت حفظ سرمایه و تسهیل برنامه‌ریزی خود نیاز دارند.

صنایع جدیدی در دوره‌های اخیر پدید آمده‌اند. آن دسته از برنامه‌های تخصیص منابع آب آرتزین برای مدل‌های توسعه پایدار و با ارزش بالا مورد حمایت قرار خواهند گرفت که بر تأمین نیاز فعلی مصرف‌کنندگان و ارائه بهترین شرایط اقتصادی و اجتماعی در جامعه بدون به مخاطره انداختن توانایی نسل آینده برای رفع نیازهای خود یا تأثیرگذاری بر سیستم‌های طبیعی یا تنوع زیستی متمرکز باشند. فرصت‌های ارائه شده در جامعه از طریق صنایع جدید نظیر حق امتیاز، درآمد حاصل از صادرات و رفع نیاز به اشتغال باید در تمهیدات مدیریتی حوضه لحاظ شود. تخصیص آب آرتزین باید امکان ایجاد ذخایر مفید برای کمک به صنایع جدید و همچنین ایجاد ارزش افزوده آب‌های حوضه را فراهم آورد.

در حال حاضر، مجوزهای مختلفی در حوزه‌های قضایی مختلف برای آب صادر می‌شود. برخی از انواع مجوزهای رسمی برای کاربردهای صنعتی کنونی اعطا می‌شود. مالکان چاه‌های مورد استفاده برای دام به طور کلی هیچ‌گونه مجوز رسمی برای برداشت حجم مشخصی از آب ندارند و برخی از آنها هیچ‌گونه محدودیتی در نحوه برداشت یا مصرف آب ندارند.

در این ارتباط، موارد زیر مشخص شده است:

- چهار حوزه قضایی در زمینه مدیریت حوضه مشارکت دارند؛
- هر حوزه قضایی، حوضه را در چارچوب نظام مجوزی مدیریت می‌کند که به منابع گسترده خارج از حوضه رسوبی خدمات ارائه می‌دهد؛ و
- هر حوزه قضایی دارای اولویت‌های خاصی در ارتباط با قوانین مدیریت منابع آب و اداره امور می‌باشد.

حیات بلندمدت حوضه و ظرفیت آن برای حمایت از ارزش‌ها و مزایای جامعه به اجرای شیوه‌های مدیریت منابع طبیعی پایدار بستگی دارد و باید موارد کلیدی مورد نظر لحاظ شوند.

همه ذی‌نفعان باید همکاری کنند و در سرمایه‌گذاری قابل توجهی که برای تحقق استفاده پایدار از حوضه مورد نیاز است، سهیم باشند. چنین همکاری و سرمایه‌گذاری مشترک تنها در صورت تعیین وظایف و مسئولیت‌های واضح برای همه بازیگران و نقش‌آفرینان محقق می‌شود.

۹-۱ سناریوهای مربوط به اقلیم و توسعه

ولش و همکاران (۲۰۱۲) و مایلز و همکاران (۲۰۱۲) به منظور برآورد اثربخشی سناریوهای مختلف درباره اقلیم و توسعه منابع آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ، از مدل فعلی و مقیاس گسترده آب زیرزمینی استفاده کردند. این مدل عمدتا برای استفاده در طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ طراحی شده است و یک مدل ساده تک‌لایه است که تقریبا تمام این حوضه را پوشش می‌دهد و سطح آب زیرزمینی در آبخوان کادنا- اووی- هورای را شبیه‌سازی

می‌کند. در این مدل، پیچیدگی زمین‌شناختی حوضه مذکور در نظر گرفته نمی‌شود و فرض بر این است که تمام مراحل کنترل نشت و تبخیر و کلاهک‌گذاری آن‌ها مطابق طرح ابتکاری فوق‌الذکر تکمیل می‌شود و تا سال ۲۰۷۰ شرایط به همین منوال ادامه دارد. به منظور کسب اطلاعات فنی و اطلاعات مربوط به تردیدها و محدودیت‌های این مدل به گزارش‌های فنی تهیه شده توسط ولش و همکاران (۲۰۱۲) و مایلز و همکاران (۲۰۱۲) رجوع شود.

سناریوهای متعددی توسط ولش و همکاران (۲۰۱۲) و مایلز و همکاران (۲۰۱۲) اجرا شده‌اند که در اینجا دو سناریو شرح داده می‌شود.

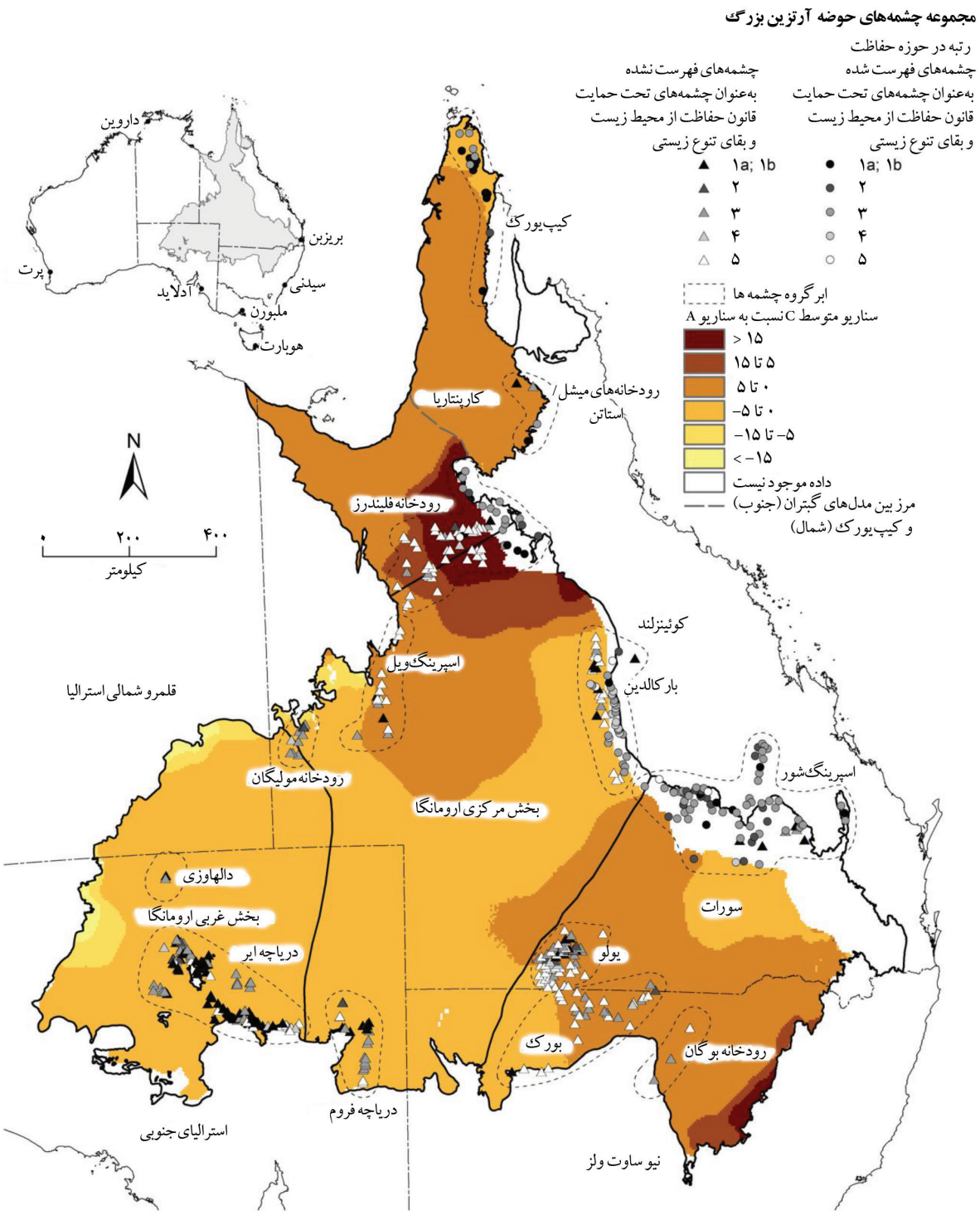
۹-۱-۱ سناریو ۱: اقلیم پیش‌بینی‌شده و تداوم توسعه موجود

در این سناریو، اقلیم معتدل پیش‌بینی‌شده (در برابر اقلیم‌های فوق‌العاده مرطوب یا فوق‌العاده خشک) و توسعه فعلی (پیشرفت طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ ۷۵ درصد پیش‌بینی شده است) با سناریوی اقلیم فعلی و توسعه فعلی مقایسه می‌شود. اصولا در این سناریو تأثیر اقلیم پیش‌بینی شده فقط بر منابع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در شکل ۹-۱، تغییر سطح آب زیرزمینی تحت اقلیم پیش‌بینی‌شده و توسعه فعلی نشان داده شده است. در بیشتر حوضه‌های رسوبی غربی و مرکزی اورمانگا و بخش شمال شرقی حوضه رسوبی سورات، میزان برداشت از میزان تغذیه آن پیشی گرفته است. در حالی که در جنوب شرقی حوضه رسوبی سورات و شمال حوضه رسوبی مرکزی اورمانگا میزان تغذیه بیش از برداشت است و انتظار می‌رود که سطح آب زیرزمینی افزایش یابد.

۹-۱-۱-۱ تاثیر بر روی چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ

افزایش سطح آب زیرزمینی در بخش شمال شرقی حوضه آرتزین بزرگ تحت اقلیم معتدل پیش‌بینی‌شده و توسعه فعلی آب زیرزمینی (شکل ۹-۱) منجر به فعال‌سازی مجدد مجموعه چشمه‌هایی شده است که قبلا غیرفعال بوده‌اند. البته لازم به ذکر است که گونه‌های وابسته به آب زیرزمینی بعید به نظر می‌رسد که مجدد به اکوسیستم بازگردند. در بخش جنوب شرقی این حوضه، بسیاری از مجموعه چشمه‌ها در حال حاضر غیرفعال هستند و بنابراین کاهش بیشتر سطح آب زیرزمینی خطرات بیشتری را در پی نخواهد داشت. سطح آب زیرزمینی در بخش غربی حوضه مذکور احتمالا کاهش می‌یابد و مجموعه چشمه‌ها به عنوان چشمه‌های در معرض خطر قلمداد می‌شوند. در ارتباط با مجموعه چشمه‌های واقع در بخش شمالی منطقه کارپنتاریا، سطح آب زیرزمینی در آینده مشابه شرایط فعلی است و بنابراین تهدیدها و فرصت‌های موجود تغییری نمی‌کنند.



شکل ۹-۱: تأثیر ویژگی‌های اقلیمی پیش‌بینی شده و توسعه فعلی بر سطح آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

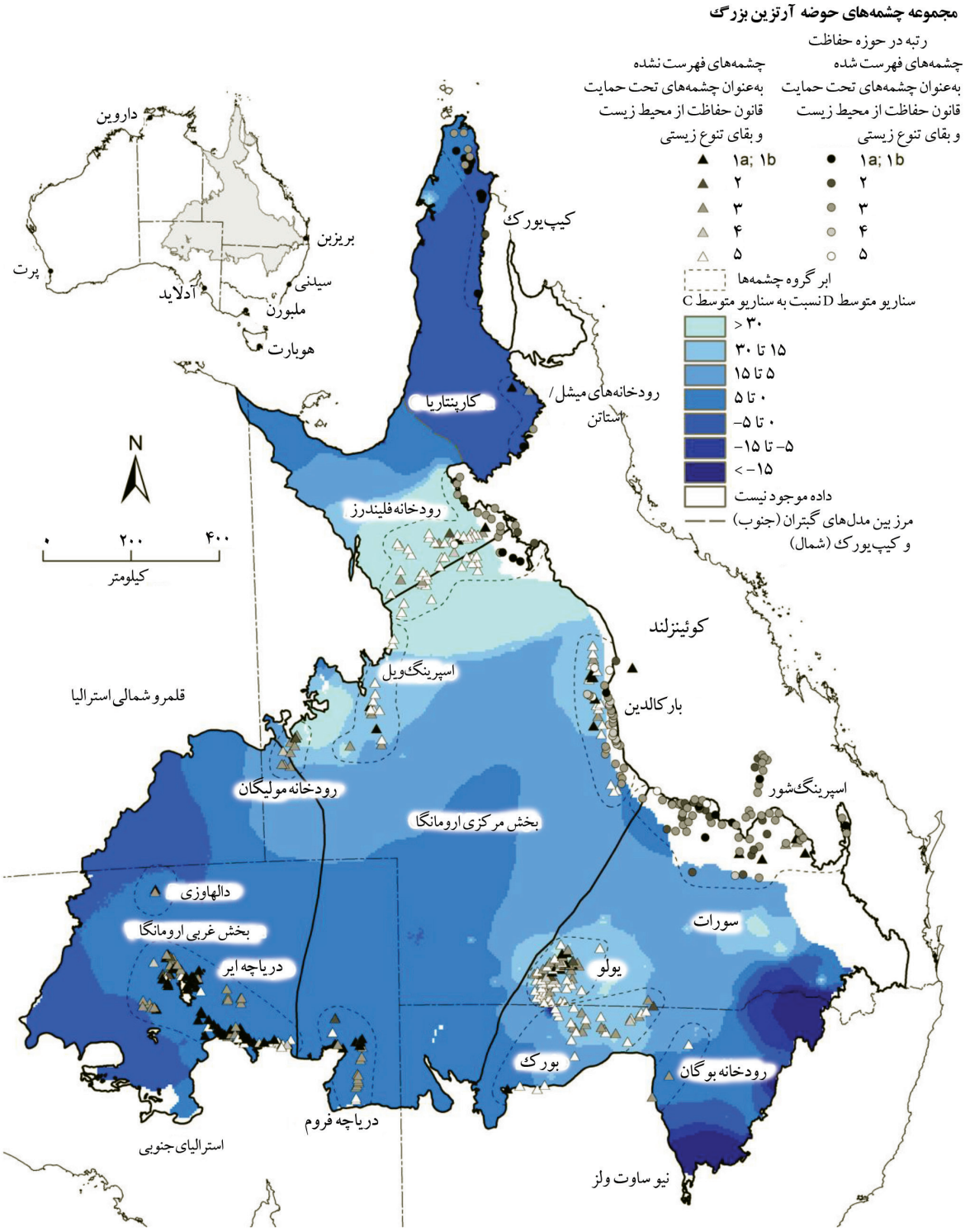
۹-۱-۲ سناریو ۲: اقلیم پیش‌بینی‌شده و توسعه پیش‌بینی‌شده

در سناریو ۲، اقلیم معتدل پیش‌بینی شده (در برابر اقلیم‌های فوق‌العاده مرطوب یا فوق‌العاده خشک) و توسعه پیش‌بینی شده (پیشرفت طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ ۱۰۰ درصد پیش‌بینی شده است) با سناریوی اقلیم پیش‌بینی شده و توسعه فعلی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در واقع، تأثیر توسعه بر منابع آب زیرزمینی تحت اقلیم معتدل پیش‌بینی شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در شکل ۹-۲، تغییر سطح آب زیرزمینی مطابق سناریوی اقلیم معتدل پیش‌بینی شده و توسعه پیش‌بینی شده نشان داده شده است. مشابه سناریو ۱، در بیشتر حوضه‌های رسوبی غربی و مرکزی ارومانگا میزان برداشت متجاوز از میزان تغذیه است. شمال حوضه رسوبی کارپنتاریا و شرق حوضه رسوبی سورات از جمله دیگر مناطقی هستند که سطح آب زیرزمینی افت شدیدی پیدا می‌کند. در منطقه شمالی و جنوبی حوضه رسوبی مرکزی ارومانگا و کارپنتاریا که میزان تغذیه بیش از برداشت است، به ترتیب انتظار می‌رود که سطح آب زیرزمینی افزایش یابد. این امر در مورد منطقه غربی حوضه رسوبی سورات نیز صدق می‌کند.

۹-۱-۲-۱ تاثیر بر روی چشمه‌های حوضه آرتزین بزرگ

مطابق اقلیم معتدل پیش‌بینی شده و توسعه آب زیرزمینی پیش‌بینی شده (شکل ۹-۲)، در غرب حوضه آرتزین بزرگ (دریاچه فروم، دریاچه ایر و ابرگروه‌های دالهاوزی)، چشمه‌ها در معرض خطر زیادی قرار داشته و فرصت محدودی برای احیای آنها وجود دارد. در ارتباط با چشمه‌های واقع در سایر نقاط این حوضه، احتمال خطر کمتری وجود دارد و به همین ترتیب فرصت بیشتری برای احیای آنها وجود دارد. در ارتباط با چشمه‌های واقع در ابرگروه‌های یولو، بورک، رودخانه فلیندرز، بارکالدین، اسپرنیگ وال و رودخانه مولیکان، فرصت روزافزونی برای بهبود ارزش‌های اکولوژیکی آن‌ها وجود دارد. بزرگترین تغییری که ممکن است در این حوضه رخ دهد شامل تعداد چشمه‌هایی است که تحت اقلیم معتدل پیش‌بینی شده و توسعه آب زیرزمینی پیش‌بینی شده، فرصت احیای آن‌ها از کم به متوسط تغییر می‌یابد. این امر عمدتا به دلیل بهبود احتمالی سطح آب زیرزمینی در اطراف ابرگروه‌های یولو و بورک روی می‌دهد که در نتیجه آینده تخمینی احیای چاه است که به بهبود بهره‌وری مصرف آب منجر می‌شود و در حال حاضر هم این موضوع مطابق طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ مورد حمایت قرار دارد. این امر همچنین چشمه‌های واقع در ابرگروه‌های بارکالدین و رودخانه فلیندرز که در حال حاضر جریان ندارند (دارای رتبه ۵ در حوزه حفاظت از محیط زیست) را نیز شامل می‌شود، ولی پیش‌بینی می‌شود که سطح آب زیرزمینی در آنها افزایش یابد. البته، با توجه به داده‌ها و دانش فعلی نمی‌توان ارزیابی کرد که آیا این تغییر برای بازگشت جریان به هریک از این چشمه‌ها کافی است یا خیر.



شکل ۹-۲: تأثیر توسعه ویژگی‌های اقلیمی پیش‌بینی شده بر سطح آب زیرزمینی در حوضه آرتزین بزرگ (اسمردون و همکاران، ۲۰۱۲).

فصل دهم:

مدیریت فعلی حوضه

آرتزین بزرگ

مسئولیت مدیریت حوضه آرتزین بزرگ بر عهده حوزه قضایی سه ایالت و قلمرو شمالی استرالیا می‌باشد. از این رو، احتمال بروز مشکلات مدیریتی در مرزهای مختلف به دلیل تفاوتهای تاریخی وجود دارد.

در پایان سال ۲۰۱۰، پیشرفت قابل توجهی در زمینه همسوسازی فرآیندهای برنامه‌ریزی دولت و همچنین تدوین برنامه‌های به‌اشتراک‌گذاری آب در حوضه آرتزین بزرگ صورت گرفت (به بخش ۱۰-۲رجوع شود). طی بیست سال گذشته به‌ویژه با توجه به طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ (بخش ۷-۲) و همکاری‌های فنی قابل توجه در فعالیت‌های تحقیقاتی و نظارتی در سراسر این حوضه، هماهنگی قابل توجهی در زمینه رویکردهای احیا وجداره‌گذاری صورت گرفته است.

معرفی شورای مشورتی حوضه آرتزین بزرگ و سپس کمیته هماهنگی حوضه آرتزین بزرگ ابتکار عمل مهمی در تسهیل روند این همکاری‌ها محسوب می‌شود، البته مسئولیت مدیریت این حوضه همچنان بر عهده ایالت‌هاست.

همزمان با تصویب مطالعه کاکس و بارون (۱۹۹۸) در زمینه منابع، ایالتها نیز از تفکیک حوضه آرتزین بزرگ به مناطق هیدرولوژیک استقبال کردند و از آن پس، برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب بر اساس این مناطق صورت می‌گرفت و در گزارش طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ نیز این مناطق نشان داده شده‌اند. اعتبار این مناطق معمولا مورد تایید ایالت‌ها بود و تصمیمات مدیریتی بر اساس این مرزها اتخاذ می‌شد. همزمان با پیشرفت نظام‌های مدیریتی، این مرزها نیز اصلاح شده و زیرگروه‌های متعددی برای مناطق اصلی تعیین شده است. به طور کلی در ارتباط با حوضه آرتزین بزرگ، هماهنگی بین حوزه‌های قضایی در مدیریت منابع آب این حوضه مطابق *برنامه مدیریت راهبردی (۲۰۱۵-۲۰۰۰)* مورد تأکید قرار گرفته است. تمامی دولت‌های ایالتی و منطقه‌ای مطابق طرح ملی آب[1] (NWI) نسبت به اصلاحات مورد نظر در راستای ایجاد بازار سازگار در سطح ملی و نظام نظارتی و برنامه‌ریزی مدیریت آب متعهد هستند. طرح ملی آب در شکل‌گیری رویکرد اجرای برنامه مدیریت راهبردی تأثیر قابل توجهی داشته است، هرچند برخی از ویژگی‌های این حوضه منجر به بروز مشکلات خاصی در روند اجرایی اصلاحات ملی آب شده است که از جمله می‌توان به نسبت بالای مصرف خانگی و دام نامحدود، نسبت بالای زیرساخت آب تحت مالکیت خصوصی و همچنین اندازه، پویایی و پیچیدگی سیستم اشاره کرد.

۱۰-۱ طرح ملی آب

بخش ۱۰-۱ (طرح ملی آب) از شورای ملی آب (۲۰۱۴) اقتباس شده است.

طرح ملی آب در واقع موافقت‌نامه اصلی برای سیاست‌گذاری در زمینه آب محسوب می‌شود که توسط شورای دولت‌های استرالیا[2] (COAG) با هدف اجرا، توسعه و نظارت بر اصلاحات سیاستی مهم کشور تدوین شده است و مستلزم مشارکت جمعی دولت‌های استرالیا می‌باشد.

1. National Water Initiative
2. Council of Australian Governments

دولت‌های استرالیا مطابق طرح ملی آب موافقت کرده‌اند که نسبت به اتخاذ رویکرد ملی منسجم‌تر نسبت به شیوه‌های مدیریتی، محاسباتی، برنامه‌ریزی، قیمت‌گذاری و تجاری در حوزه آب اقدام کنند. این موافقت‌نامه بین‌المللی با هدف ایجاد بازار سازگار در سطح ملی و نظام نظارتی و برنامه‌ریزی در راستای مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی برای مصرف روستایی و شهری و بهینه‌سازی نتایج اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تدوین شده است. شورای ملی آب به عنوان یک نهاد مستقل قانونی به منظور اجرای اصلاحات در حوزه آب مطابق طرح ملی آب تأسیس شد. شورای مذکور در ارزیابی دوسالانه خود در زمینه پیشرفت طرح ملی آب در سال ۲۰۰۷ درباره مدیریت آبهای زیرزمینی در سراسر استرالیا اظهار نگرانی کرد و حوزه‌هایی را که نیازمند تحقیق بیشتر و اضطراری بودند، به شرح زیر مشخص کرد:

- تخصیص بیش از حد از منابع آب زیرزمینی؛
- عدم مدیریت آب زیرزمینی و آب سطحی به عنوان یک منبع مرتبط؛
- عدم تدوین استانداردهای مشخص برای اندازه‌گیری و محاسبه؛
- عدم نظارت کافی.

برنامه عملیاتی ملی آب زیرزمینی[1] توسط دولت استرالیا در نتیجه این ارزیابی دوسالانه تدوین شد که در ادامه شرح داده می‌شود. تأسیس شبکه نظارتی کل حوضه آرتزین بزرگ (بخش ۷-۵) از دیگر اقدامات مربوط به اصلاحات حوزه آب در این حوضه می‌باشد. این شبکه در ارتباط با تأمین مالی دولت استرالیا برای مرحله سوم طرح ابتکاری پایداری حوضه آرتزین بزرگ (بخش ۷-۴) تاسیس شد.

۱۰-۱-۱ برنامه عملیاتی ملی آب زیرزمینی

این برنامه دارای سه مولفه اصلی است:

- طرح ملی ارزیابی آب‌های زیرزمینی: با هدف غلبه بر مشکل کمبود داده‌های کلیدی درباره آب‌های زیرزمینی با تامین مالی برای بررسی‌های آب‌زمین‌شناختی؛
- مرکز ملی تحقیقات و آموزش آب زیرزمینی[2]: تولید دانش و تربیت و آموزش تامین دانشمندان و مدیران در حوزه آب‌های زیرزمینی؛
- مولفه ظرفیت‌سازی و تولید دانش: ارائه اصول، دستورالعمل‌ها و نمونه‌های جالب عملکرد برای مدیران، کاربران و برنامه‌ریزان حوزه آب در راستای بهبود شناخت و مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی.

1. National Groundwater Action Plan
2. National Centre for Groundwater Research and Training

۱۰-۲ برنامه‌های به‌اشتراک‌گذاری آب استان‌ها

بخش ۱۰-۲ (برنامه‌های به اشتراک‌گذاری آب استان‌ها) برگرفته از تحقیق مایلز و همکاران (۲۰۱۲) است.

در چهار حوزه قضایی استانی که در امتداد حوضه آرتزین بزرگ قرار دارند، قوانین مختلفی در زمینه «حفاظت» از چشمه‌ها مطابق برنامه‌های آب اجرا می‌شود. در این بخش نکات کلیدی این برنامه‌ها به طور خلاصه بیان شده است.

۱۰-۲-۱ کوئینزلند

مطابق قانون آب (۲۰۰۰)[1] و *قانون برنامه‌ریزی پایدار (۲۰۰۹)*[2]، اخذ هر دو نوع مجوز آب و مجوز توسعه برای برداشت یا استفاده از آبهای زیرزمینی آرتزین در هر نقطه از کوئینزلند ضروری است.

اخذ مجوز برای استفاده از آب زیرزمینی نیمه‌آرتزین تنها در شرایط زیر ضروری است:

- استفاده از آب منطقه نیمه‌آرتزینی که در فهرست شماره ۴، ۱۰، ۱۱، ۱۴ و A۱۵ از *مقررات آب (۲۰۰۲)*[3] مشخص شده است؛
- استفاده از آب منطقه نیمه‌آرتزین مطابق بیانیه وایلد ریور (*قانون وایلد ریور، ۲۰۰۵*)[4]؛
- استفاده از آب منطقه نیمه‌آرتزین که در برنامه منابع آب تعیین شده است.

برنامه‌های منابع آب مختص هر منطقه هستند. به طور کلی، برای برداشت آب زیرزمینی نیمه‌آرتزین برای تمامی موارد مصرف به غیر از مصرف خانگی و دام نیاز به اخذ به مجوز آب است و برای موارد ساخت و ساز که آب زیرزمینی با اهدافی به غیر از مصرف خانگی و دام برداشت می‌شود، مجوز توسعه مورد نیاز است.

در حال حاضر تمام منابع آب زیرزمینی- اعم از آرتزین یا غیر آرتزین - در حوضه آرتزین بزرگ مطابق *برنامه منابع آب (حوضه آرتزین بزرگ) (۲۰۰۶)*[5] و برنامه عملیاتی منابع حوضه آرتزین بزرگ[6] مدیریت می‌شوند (DNRM، ۲۰۱۴b). این برنامه پس از ۵ سال اجرای آن بازنگری شد تا مشخص شود که آیا اهداف مورد نظر محقق شده‌اند یا خیر. این بازنگری در مارس ۲۰۱۳ تکمیل شد و هیچ تغییری در برنامه اعمال نشد.

مطابق این برنامه همچنین اطلاعات مربوط به هر چشمه نظیر مکان، نوع چشمه و واحدهای مدیریتی مرتبط با چشمه با استفاده از دیتا لاگر ثبت شد. چشمه‌ها به عنوان شاخص جریان آب زیرزمینی تحت نظارت قرار دارند و سطح ایستابی آب چشمه کنترل می‌شود تا اطمینان حاصل شود که از ۰/۴ متر پایین‌تر از مقدار اولیه مورد بررسی آن کمتر نشود.

برداشت و استحصال آب زیرزمینی برای تولید گاز زغال‌سنگ *مطابق قانون نفت و گاز (۲۰۰۴)*[7] مجاز است و اخذ

1. Water Act 2000
2. Sustainable Planning Act 2009
3. Water Regulation 2002
4. Wild River Declaration (Wild Rivers Act 2005)
5. Water Resource (Great Artesian Basin) Plan 2006
6. Great Artesian Basin Resource Operations Plan 2006
7. Petroleum and Gas Act 2004

مجوزهای تصریح شده در قانون آب (۲۰۰۰) لازم نیست. زیرا آب در طول تولید گاز تنها به عنوان یک محصول جانبی برداشت می‌شود و برای اهداف مصرفی مداوم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (DNRM، ۲۰۱۴b). این امر با مجوزهای صادر شده مطابق قانون آب که اصولا باید مشمول قوانین مناسب به اشتراک‌گذاری آب باشند و منابع آب پایدار،کم و بیش به صورت دائمی را تأمین کنند، مغایرت دارد.

راهبرد کلی جهت تعیین و مدیریت تأثیرات برداشت آب برای تولید گاز زغال‌سنگ مجزا از فرآیند برنامه‌ریزی آب است و قانون مربوطه عمدتا مطابق بخش ۳ از قانون آب وضع می‌شود. مطابق این بخش قانون آب، در مواردی که برداشت آب زیرزمینی توسط دارندگان حق تصرف (اجاره) نفت برای تولید گاز، تأثیر منفی بر منابع آب چاه‌های تحت مالکیت کاربران موجود دارد، دارندگان حق تصرف نفت باید «خسارت آن را جبران کنند». توانایی خرید و یا انتقال مجوزهای فعلی یا تعمیق چاه‌های تأمین آب برای مصرف خانگی و دام، گزینه‌ای است که مطابق برنامه عملیاتی منابع حوضه آرتزین بزرگ در ارتباط با شرایط «جبران خسارت» در نظر گرفته شده است.

زمانی که دو یا تعداد بیشتری از دارندگان حق تصرف نفت بر حقوق آب سایر دارندگان مجوز تأثیرگذار هستند، یک منطقه ممکن است تحت عنوان منطقه مدیریت تجمعی[1] نیز اعلام شود. در برنامه منابع آب حوضه آرتزین بزرگ، یک منطقه مدیریت تجمعی وجود دارد که گزارش ارزیابی اثرات آب زیرزمینی آن تکمیل شده است (DNRM، ۲۰۱۴b). در این گزارش، مناطقی مشخص شده است که پیش‌بینی می‌شود فعالیتهای تولید گاز زغال‌سنگ در منطقه مدیریت تجمعی سورات بر آبخوان‌های واقع در این مناطق در کوتاه‌مدت و بلندمدت تأثیر داشته باشند (DNRM، ۲۰۱۴b). دارندگان حق تصرف نفت باید با مالکان زمینی که مشخص شده است منابع آب زیرزمینی آنها تحت تأثیر شدید استخراج گاز زغال‌سنگ قرار دارند، قراردادهای جبران خسارت منعقد کنند.

۱۰-۲-۲ نیوساوت ولز

برنامه به‌اشتراک‌گذاری آب برای منابع آب زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ در نیوساوت ولز (۲۰۰۸)

ماده (۲)۲۹: تأسیسات آب یا چاه تأمین آب شهری نباید در فاصله ۵ کیلومتری از اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینیِ دارای اولویت بالا در محل تغذیه شرقی و جنوبی منابع آب زیرزمینی و همچنین در ۵۰ کیلومتری اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی دارای اولویت بالا در سورات، وارگو و منابع آب زیرزمینی مرکزی قرار داشته باشند.

ماده (۳)۲۹: چاه تأمین آب نباید در این مناطق قرار داشته باشد:

الف) در فاصله ۵۰ کیلومتری از اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی دارای اولویت بالا در سورات، وارگو و منابع آب زیرزمینی مرکزی؛ ب) در فاصله ۵ کیلومتری از اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی دارای اولویت بالا در محل تغذیه شرقی و جنوبی منابع آب زیرزمینی برای چاه‌هایی که ظرفیت آبدهی آنها بیش از ۲۰ هزار مترمکعب در سال است؛ پ) در فاصله یک کیلومتری از اکوسیستم‌های وابسته به آب دارای اولویت بالا در محل تغذیه شرقی و جنوبی منابع آب زیرزمینی برای چاه‌هایی که ظرفیت آبدهی آنها بیشتر از ۲۰ هزار مترمکعب در سال نباشد.

1. Cumulative management area

ماده (۱۱)۲۹: در مرز ایالت با کوئینزلند یا استرالیای جنوبی در مواردی که پیش‌بینی می‌شود استفاده از آب به کاهش تجمعی سطح آب به بیش از ۱۰ درصد سطح پتانسیومتری موجود در شروع این برنامه منتهی می‌شود، مجوز دسترسی به چاه آب داده نخواهد شد.

جهت کسب اطلاعات بیشتر درباره برنامه به اشتراک‌گذاری آب برای منابع آب زیرزمینی حوضه آرتزین بزرگ در نیوساوت ولز (۲۰۰۸) به آدرس زیر رجوع شود:

http://www.water.nsw.gov.au/Water-management/Water-sharing-plans/Plans-commenced/Water-source/gab

۱۰-۲-۳ استرالیای جنوبی

در برنامه تخصیص آب در منطقه مجاز چاه‌های شمال دور (۲۰۰۹)[1] موارد زیر تصریح شده است:

- هیچ چاه جدیدی برای استفاده از آب در ۵ کیلومتری چشمه‌ها نباید وجود داشته باشد.
- استفاده از آب نباید به کاهش نامعقول فشارآبخوان در اطراف چشمه‌ها منجر شود.
- کاهش فشار آبخوان در اطراف چشمه‌ها در صورتی مورد قبول است که متقاضی استدلال قابل قبولی مبنی بر عدم تأثیر افت فشار بر اکولوژی چشمه ارائه نماید.
- با توجه به پتانسیل افت فشار ناشی از مصرف آب، متقاضیان ملزم به تهیه گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی[2] (EIR) هستند تا بتوان میزان تاثیر بالقوه زیست‌محیطی را به طور مناسب مدیریت کرد. گزارش مذکور در صورتی لازم است که مقادیر افت فشار (پیش‌بینی شده) به شرح زیر باشد:
  - بیش از یک متر کاهش تجمعی فشار آب در محدوده چشمه‌های جنوب غربی؛
  - بیش از ۰/۵ متر کاهش تجمعی فشار آب تا محدوده پنج کیلومتری مناطق ممنوعه اطراف چشمه.
- علاوه بر این، چنانچه وزارتخانه معتقد باشد که برداشت آب ممکن است خطرات غیرمعقولی برای چشمه‌ها دربرداشته باشد، گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی باید تهیه شود.
- گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی باید در قالب مقرر شده توسط وزارتخانه و بر اساس قانون مدیریت منابع طبیعی (۲۰۰۴) باشد.
- در ارتباط با بررسی گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، وزارتخانه اطمینان حاصل خواهد نمود که متقاضیان نسبت به الزامات ارجاع احتمالی تقاضانامهٔ مبنی بر استفاده از آب و گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی حاصله مطابق سایر قوانین نظیر قانون حفاظت از محیط زیست و بقای تنوع زیستی (۱۹۹۹) آگاهی دارند.

پیش‌بینی افت فشار آب به دلیل مصرف آب در مرزهای منطقه‌ای باید عمدتا بر اساس مدلی قابل قبول برای وزارتخانه صورت گیرد.

---

1. Far North Wells Prescribed Area Water Allocation Plan 2009
2. Environmental Impact Report

پیش‌بینی افت فشار آب در محدوده‌ی پنج کیلومتری منطقه ممنوعه در اطراف چشمه باید عمدتا از طریق مجموعه‌ای از نمودارهای مسافت–افت فشار صورت گیرد که از طریق معادله آبخوان نشتی در حالت پایدار توسط دی گلی[1] تعیین می‌شود.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد برنامه تخصیص آب در منطقه چاه‌های مجاز شمال دور به آدرس زیر رجوع شود:

http//:www.saalnrm.sa.gov.au/Our_Plans_for_the_Region/Water_Allocation_Plan._aspx

۱۰-۲-۴ قلمرو شمالی استرالیا

برنامه تخصیص آب حوضه آرتزین بزرگ در قلمرو شمالی استرالیا (۲۰۱۳) (که در زمان تهیه این سند، پیش‌نویس آن تهیه شده بود)، مطابق قانون آب (۱۹۹۲) با هدف کمک به قلمرو شمالی استرالیا در تحقق اهداف مورد نظر خود در برنامه مدیریت راهبردی حوضه آرتزین بزرگ (۲۰۰۰) تدوین شد. مطابق این برنامه، در ارتباط با موارد استفاده آب زیرزمینی از حوضه آرتزین بزرگ هیچ‌گونه تغییری اعمال نشد. فقط یک مجوز قبل از اجرای برنامه اعطا شد. مجوزها به مدت ۱۰ سال اعتبار دارند و در صورت درخواست متقاضیان مجددا تمدید می‌شوند. قسمت اعظم برداشت آب زیرزمینی با هدف مصرف خانگی و دام صورت می‌گیرد که نیازی به مجوز ندارد.

برای کسب اطلاعات بیشتر درباره برنامه تخصیص آب حوضه آرتزین بزرگ در قلمرو شمالی استرالیا (۲۰۱۳) به آدرس زیر رجوع شود:

http://www.nretas.nt.gov.au/natural-resource-management/water/water_allocation/plans?a=7502

۱۰-۳ برنامه مدیریت راهبردی حوضه آرتزین بزرگ (GAB)

مطابق *برنامه مدیریت راهبردی (۲۰۱۵-۲۰۰۰)*[2]، یک چارچوب راهبردی برای مدیریت منابع آب زیرزمینی و سایر منابع طبیعی مربوطه در حوضه آرتزین بزرگ ارائه می‌شود که دولت‌ها، کاربران آب و سایر ذی‌نفعان را در زمینه سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق مزایای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از استفاده از منابع آب زیرزمینی در این حوضه هدایت می‌کند.

مدیریت هماهنگ حوضه آرتزین بزرگ به عنوان منابع طبیعی مهم کشور در راستای بهینه‌سازی ارزش‌های منابع پایدار و سازنده آب زیرزمینی آرتزین برای نسل‌های فعلی و آتی، چشم‌انداز این برنامه محسوب می‌شود.

1. de Glee Steady State Leaky Aquifer equation
2. Strategic Management Plan 2000–2015

از آنجا که این برنامه در سال ۲۰۰۰ منتشر شد، تغییرات قابل توجهی از نظر فنی، اجتماعی و سیاسی در این برنامه ایجاد شده است که بر مدیریت حوضه آرتزین بزرگ تأثیرگذار بوده‌اند. در این راستا، گزارشی تحت عنوان *برنامه مدیریت راهبردی حوضه آرتزین بزرگ: پیشرفت و دستاوردهای حاصله تا سال ۲۰۰۷*[1] تهیه شد و پیشرفت صورت گرفته در روند اجرای برنامه مدیریت راهبردی مورد بررسی قرار گرفت (GABCC، ۲۰۰۸ a).

به موجب سند مربوط به برنامه مدیریت راهبردی حوضه آرتزین بزرگ: تمرکز و چشم‌اندازها (۲۰۱۵–۲۰۰۸) (GABCC، ۲۰۰۸ b)، اجرای این برنامه در فاصله سال‌های ۱۵–۲۰۰۸ مورد تأکید بیشتری قرار گرفت و عناصری که به بیشترین میزان تحت تأثیر تغییرات صورت گرفته از سال ۲۰۰۰ قرار گرفته بودند، مورد تأکید خاص قرار گرفتند.

در این سند، آرمان‌های مربوط به مدیریت حوضه آرتزین بزرگ از جمله عناصر کلیدی چشم‌انداز وضعیت این حوضه برای ۵۰ سال آتی به‌روزرسانی شد. این نتایج بر اساس شناخت اهمیت حوضه آرتزین بزرگ و درک عملکرد هیدرولوژیکی این حوضه حاصل شد که به مدیریت بهتر منابع طبیعی وابسته به حوضه آرتزین بزرگ منجر شد.

برای کسب اطلاعات بیشتر درباره برنامه مدیریت راهبردی (۲۰۱۵–۲۰۰۰) به آدرس زیر رجوع شود:

http://www.gabcc.org.au/public/content/ViewCategory.aspx?id=29

1. Great Artesian Basin Strategic Management Plan: Progress and Achievements to 2007

منابع:

منابع:

[1] ACIL Tasmin (2005), Great Artesian Basin: Economic and social assessment. ACIL Tasmin

[2] Audibert M (1976) 'Progress report of the Great Artesian Basin hydrogeological study, 1972–1974.' Record 1976/5. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Canberra

[3] Australian Government, (2014), Environmental Protection Biodiversity and Conservation Act, 1999. Accessed 19/3/2014. Available at: http://www.comlaw.gov.au/Series/C2004A00485

[4] Badman, FJ (1999), 'The Vegetation of the Lake Eyre South Catchment', in: Slater, WJH (ed.), The Lake Eyre South Monograph Series, Royal Geographical Society of Australia of South Australia Inc., Adelaide, pp. 1–225

[5] Badman, FJ (1995), Preliminary summary of the biota of Australian mound springs, Olympic Dam Corporation, Roxby Downs

[6] Badman, FJ (1987), Boredrains and the birds of inland South Australia: A study of the relationships of boredrains to native bird populations in the far-north of South Australia, Nature Conservation Society of South Australia, Adelaide

[7] Bain JHC and Draper JJ (1997), 'North Queensland Geology, Australian Geological Survey Organisation Bulletin 240', Queensland Department of Mines and Energy Queensland Geology

[8] Blake T and Cook M (2006), 'Great Artesian Basin – Historical Overview'. Report prepared on behalf of the Department of Natural Resources Mines and Water, May 2006

[9] Chambers, M, Cameron, M & Robertson, G (2003), Salt Pipewort (Eriocaulon carsonii) recovery plan, New South Wales National Parks and Wildlife Service, Hurstville

[10] Chilton, C (1922), 'A new isopod from central Australia belonging to the Phreatoicidae', Transactions of the Royal Society of South Australia, vol. 47, pp. 23–33

[11] Costelloe, J. F., Matic, V., & Western, A. W. (2011). 'Scaling of Field-based Estimates of Steady-state Discharge using Depth to Groundwater'. In Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering (p. 1603). Engineers Australia

[12] Cox R and Barron A (Eds) (1998), 'Great Artesian Basin Resource Study'

[13] Cresswell RC (2012) 'Chapter 8: Regional hydrogeochemistry'. In: Ransley TR and Smerdon BD (eds) Hydrostratigraphy, hydrogeology and system conceptualisation of the Great Artesian Basin. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[14] Davies, RJ-P, Mackay, DA & Whalen, MA (2010), 'Competitive effects of Phragmites australis on the

endangered artesian spring endemic Eriocaulon carsonii', Aquatic Botany, vol. 92, pp. 245–249

[15] Davies, RJ-P, Craigie, AI, Mackay, DA, Whalen, MA, Cheong, JP & Leach, GJ (2007), 'Resolution of the taxonomy of Eriocaulon taxa endemic to the mound springs of central and north eastern Australia, using morphometrics and AFLP markers', Australian Systematic Botany, vol. 20, pp. 428–447

[16] De Deckker, P (1979), 'Ostracods from the mound springs area between Strangways and Curdimuka, South Australia', Proceedings of the Royal Society of South Australia, vol. 103, pp. 155–168

[17] Deloitte Access Economics (2013), Economic Value of Groundwater in Australia. A report prepared by Deloitte Touche Tohmatsu Limited for the National Centre for Groundwater Research and Training

[18] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2014a). Coal Seam Gas and Groundwater. Accessed 02/05/14. Available at: http://www.dnrm.qld.gov.au/ogia

[19] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2014b). CSG water management. Accessed 02/05/14. Available at: http://www.dnrm.qld.gov.au/mining/coal-seam-gas/water

[20] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2014c). Great Artesian Basin. Accessed 24/04/14. Available at: http://www.dnrm.qld.gov.au/water/catchments-planning/catchments/great-artesian-basin

[21] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2014d). Surat underground water impact report. Accessed 02/05/14. Available at: http://www.dnrm.qld.gov.au/ogia/surat-underground-water-impact-report

[22] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2013).Production and reserves statistics. Accessed 01/05/14. Available at: http://mines.industry.qld.gov.au/mining/production-reserves-statistics.htm

[23] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2012). Great Artesian Basin Water Resource Plan: Five Year Review. A report by the State of Queensland

[24] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2005a). Great Artesian Basin, Draft water resource plan; Information report. A report by the State of Queensland

[25] Department of Natural Resources and Minerals, DNRM, (2005b). Hydrogeological Framework Report for the Great Artesian Basin: Water Resource Plan Area. A report by the State of Queensland

[26] Department of Natural Resources and Water, DNRW, (2007). Great Artesian Basin; resource operations plan. A report by the State of Queensland

[27] Department of Primary Industry (DPI), (2014). Water and coal seam gas. Accessed 29/4/14. Available at: http://www.water.nsw.gov.au/Water-management/Groundwater/Water-and-coal-seam-gas/Water-and-coal-seam-gas

[28] Dulhunty JA (1973) Mesozoic stratigraphy in central western New South Wales. Journal of the Geological Society of Australia 20(3), 319–328

[29] Dryden G, (2002), 'Better Sheep and Cattle Nutrition by Piping Artesian Water'. Paper presented at GAB FEST 2002, A Resource Under Pressure. Conference organised by GABCC, Toowoomba 2002

[30] Endersbee L, (1999), Australia's Artesian Basin - $14 Billion down the drain each year. Accessed 12/05/2014. Available at: http://www.gabpg.org.au/australias-artesian-basin-14-billion-down-the-drain-each-year

[31] Fatchen, TJ & Fatchen, DH 1993, Dynamics of vegetation on mound springs in the Hermit Hill region, northern South Australia, prepared for WMC (Olympic Dam Operations) Pty. Ltd., TJ Fatchen & Associates, Adelaide

[32] Fensham RJ, Ponder WF and Fairfax RJ (2010) 'Recovery plan for the community of native species dependent on natural discharge of groundwater from the Great Artesian Basin'. Department of Environment and Resource Management, Brisbane, Queensland

[33] Fensham, RJ, Ponder, WF & Fairfax, RJ (2008), Recovery plan for the community of native species dependent on natural discharge of groundwater from the Great Artesian Basin, report to Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Canberra, Queensland Environmental Protection Agency, Brisbane

[34] Fensham R and Fairfax R (2005), 'Ecological Assessment of GAB springs in Queensland'. Report for the Department of Natural Resources and Mines by R. Fensham and R. Fairfax, Queensland Environmental Protection Agency, July 2005

[35] Fensham, RJ, Fairfax, RJ, Pocknee, D & Kelley, J (2004),' Vegetation patterns of permanent spring wetlands of arid Australia', Australian Journal of Botany, vol. 52, pp. 719–728

[36] Fulton S. A. (2012) Technical Report Great Artesian Basin Resource Assessment, Department of Land Resource Management, Report 14/2012A, Darwin, October 2012

[37] GABCC (2014), 'Briefing note No. 3. The Great Artesian Basin Sustainability Initiative – Considering its achievements, near-tern future and possible successor'. Report by the Great Artesian Basin Coordinating Committee

[38] GABCC (2011), 'Great Artesian Basin Sustainability Initiative'. Report by the Great Artesian Basin Coordinating Committee

[39] GABCC (2011), 'Whole-of-Basin Monitoring Network for the Great Artesian Basin'. Report by the Great Artesian Basin Coordinating Committee

[40] GABCC (2011), 'Water Down Under. Understanding and Managing the Australia's Great Artesian Basin'. Report by the Great Artesian Basin Coordinating Committee

[41] GABCC (2000), 'Strategic Management Plan'. Report by the Great Artesian Basin Coordinating Committee

[42] GABCC (year not stated), 'Cultural values of the Great Artesian Basin'. Report by the Great Artesian Basin Coordinating Committee

[23] Glover, CJM (1990), 'Fishes', in: Tyler, MJ, Twidale, CR, Davies, M & Wells, CB, Natural History of the North East Deserts, Royal Society of South Australia, Adelaide

[44] Golder Associates, 2013. Underground water impact report for Santos, Cooper Basin oil and gas fields, SW QLD. A report prepared by Golder Associates for Santos Ltd

[45] Gotch TB (ed), 2013,' Allocating Water and Maintaining Springs in the Great Artesian Basin, Volume V: Groundwater-dependent Ecosystems of the Western Great Artesian Basin', National Water Commission, Canberra

[46] Gotch, TB, (2005), Checklist of significant species associated with GAB Springs in South Australia, prepared for Dr Rod Fensham and the National GAB Spring Recovery Program, Adelaide

[47] Government of South Australia, (2009), 'Water Sharing Plan for the Far North Prescribed Wells Area'. South Australian Arid Lands Natural Resources Management Board

[48] Gray B (2013), Great Artesian Basin Springs survey. Presentation

[49] Greenslade, P (1985), 'Terrestrial Invertebrates of the mound spring bores, creek beds and other habitats', in: Greenslade, J, Joseph, L & Reeves, A (eds), South Australia's Mound Springs, Nature Conservation Society of South Australia Inc., Adelaide, pp. 64–77

[50] Habermehl MA (2009), 'Inter-aquifer leakage in the Queensland and New South Wales parts of the Great Artesian Basin'. Final report for the Australian Government Department of Environment and Water Resources, Heritage and Arts. Bureau of Rural Sciences, Canberra

[51] Habermehl, M A (2008). 'Non-renewable Groundwater Resources in Australia'. Proceedings of Water Down Under 2008, 239

[52] Habermehl MA (2002). 'Hydrogeology, hydrochemsityr and isotope hydrology of the Great Artesian Basin'

[53] Habermehl MA (2001a), 'Chapter 11 – Hydrogeology and Environmental Geology of the Great Artesian Basin, Australia'. In: Gostin VA (Ed.), Gondwana to Greenhouse – Australian Environmental Geosciences. Geological Society of Australia Inc., Special Publication 21, p. 127 – 143, 344 – 346

[54] Habermehl MA (2001b), 'Wire-line logged waterbores in the Great Artesian Basin, Australia – Digital data of logs and waterbore data acquired by AGSO'. Bureau of Rural Sciences, Canberra (3 maps + CD-ROM)

[55] Habermehl MA (1980) 'The Great Artesian Basin, Australia'. Bureau of Mineral Resources Journal of Australian Geology and Geophysics 5, 9–38

[56] Habermehl MA and Lau JE (1997) 'Hydrogeology of the Great Artesian Basin Australia (Map at scale 1:2,500,000)'. Australian Geological Survey Organisation, Canberra

[57] Habermehl M, Pestov I, (2002). 'Geothermal resources of the Great Artesian Basin', GHC Bulletin. Australia; 23(2): pp. 20–26. [20]

[58] Hale, J (2010), Lake Eyre Basin high conservation value aquatic ecosystem pilot project, report to the Australian Government Department of Environment, Water, Heritage and the Arts from the Aquatic Ecosystems Task Group, Canberra

[59] Harrington et al. (2012), 'At the end of the line: Diffuse groundwater discharge and paleohydrology at the terminus of the Great Artesian Basin'. IAH 2012 Congress

[60] Harris, CR (1992), 'Mound springs: South Australian conservation initiatives', Rangelands Journal, vol. 14, pp. 157–173

[61] Hassall & Associates (2003), 'Review of the Great Artesian Basin Sustainability Initiative (Phase 1 Mid-term Review)'. Report for the Commonwealth Department of Agriculture Fisheries and Forestry

[62] Herczeg AL, Torgersen T, Chivas AR and Habermehl MA, (1991). 'Geochemistry of ground waters from the Great Artesian Basin, Australia. Journal of Hydrology 126:225–245

[63] Hillis RR and Reynolds SD (2000), 'The Australian stress map'. Journal of the Geological Society 157, 915–921

[64] Hodgkinson J, Hortle A and McKillop M (2010), 'The application of hydrodynamic analysis of regional aquifers for carbon geostorage: preliminary results for the Surat Basin, Queensland'. APPEA Journal 2010 50th Anniversary Issue, 445–462

[65] Hurley, DE (1959), 'Austrochiltonia, a new generic name for some Australian freshwater amphipods', Annals and Magazine of Natural History, vol. 13, pp. 765–768

[66] Interstate Conference on Artesian Water (ICAW) (1913), 'Report on the interstate conference on artesian water, Sydney, 1912.' Government Printer, Sydney

[67] ICAW (1914) Report on the second interstate conference on artesian water, Brisbane, 1914., Government Printer, Brisbane

[68] ICAW (1922) Report on the third interstate conference on artesian water, Adelaide, 1921. Government Printer, Adelaide

[69] ICAW (1925) Report on the fourth interstate conference on artesian water, Perth, 1924., Government Printer, Sydney

[70] ICAW (1929) Report on the fifth interstate conference on artesian water, Sydney, 1928, Government Printer, Sydney

[71] Jacobson, G, and Lau JE, (1987), Hydrology of Australia

[72] Kellett JR, Evans WR, Allan GL and Fifield LK (1993), 'Reinterpretation of 36Cl data: physical processes, hydraulic interconnections and age estimations in groundwater systems – discussion'. Applied Geochemistry 8, 653–658

[73] Kellett JR and Radke BM (2012) Chapter 1: Introduction. In: Ransley TR and Smerdon BD (eds) Hydrostratigraphy, hydrogeology and system conceptualisation of the Great Artesian Basin. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[74] Kellett JR, Ransley TR, Coram J, Jaycock J, Barclay DF, McMahon GA, Foster LM and Hillier JR, (2003), 'Groundwater Recharge in the Great Artesian Basin Intake Beds, Queensland'. Final Report for the NHT Project #982713 Sustainable Groundwater Use in the GAB Intake Beds, Queensland. BRS, Natural Resources and Mines, Queensland Government, Brisbane, Queensland

[75] Kelly R and Walsh A, 2012. Underground water impact report Utopia oil field PL(214). A report prepared by Bridgeport Energy for the DNRM

[76] Kenny EJ (1934) West Darling district; a geological reconnaissance with special reference to the resources

of subsurface water. Government printer, Sydney

[77] Keppel, MN, Clarke, JDA, Halihan, T, Love, AJ & Werner, AD (2011), 'Mound springs in the arid Lake Eyre South region of South Australia: A new depositional tufa model and its controls', Sedimentary Geology, vol. 240, pp. 55–70

[78] Keppel, MN, Karlstrom, KE, Love, AJ, Priestley, S, Fulton, S, Wohling, D & De Ritter, S (eds), (2013), Allocating Water and Maintaining Springs in the Great Artesian Basin, Volume I: Hydrogeological Framework of the Western Great Artesian Basin, National Water Commission, Canberra

[79] King, RA (2009), 'Two new genera and species of chiltoniid amphipods (Crustacea: Amphipoda: Talitroidea) from freshwater mound springs in South Australia', Zootaxa, vol. 2293, pp. 35–52

[80] Macaulay S, Carey H and Habermehl R, (in publication). Draft Technical Report – Artesian Pressure Trends within the Great Artesian Basin. Bureau of Rural Sciences, Australian GovernmentMazor E (1992), 'Reinterpretation of 36Cl data: phyical processes, hydraulic interconnections and age estimates in groundwater systems'. Applied Geochemistry 7, 351–360

[81] Miles C, White M and Scholz G, (2012), 'Environment. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessmen't. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[82] Murphy, NP, Adams, M & Austin, AD (2009), 'Independent colonization and extensive cryptic speciation of freshwater amphipods in the isolated groundwater springs of Australia's Great Artesian Basin', Molecular Ecology, vol. 18, pp. 109–122

[83] Murphy, NP, Guzik, MT & Worthington Wilmer, J (2010), 'The influence of landscape on population structure in groundwater springs', Freshwater Biology, vol. 55, pp. 2499–2509

[84] National Health and Medical Research Council (NHMRC), (2004). 'Australian Drinking Water Guidelines 6', Natural Resource Management Ministerial Council

[85] National Water Commission, (2014), 'National Water Initiative' accessed 15/04/2014. Available at < http://nwc.gov.au/nwi>

[86] National Water Commission (2013), Allocating Water and Maintaining Springs in the Great Artesian Basin, Volume VII: Summary of Findings for Natural Resource Management of the Western Great Artesian Basin, NWC, Canberra

[87] New South Wales Department of Primary Industries (NSW DPI) (2012), 'Cap and pipe success', accessed 17/04/2013. Available at http://www.dpi.nsw.gov.au/archive/agriculture-today-stories/ag-today-archive/may-2012/cap-and-pipe-success

[88] New South Wales Department of Primary Industries (NSW DPI) (2009). 'Water Sharing Plan: NSW Great Artesian Basin groundwater sources – Background document'. Department of Water and Environment, New South Wales Government

[89] Packham GH (1959) The geology of New South Wales. Journal of the Geological Society of Australia 16, 1–654

[90] Pegler L, Moore R and Bentley D (2001), 'Artesian Bore Piping in South West Queensland – Benefits and Costs for Land Managers (November 1994 – June 1999)'. Report for the Queensland Department of Natural Resources and Mines, May 2001

[91] Pitt GM, (1986). 'Geothermal Gradients, Geothermal Histories and the Timing of Thermal Naturation in the Eromanga-Cooper Basins.' In: Gravestock, D.I., Moore, P.S. and Pitt, G.M. (eds) Contributions to the Geology and Hydrocarbon Potential of the Eromanga Basin. Geological Society of Australia Inc. Special Publication No. 12, 323-351

[92] Ponder, WF (2004), 'Endemic aquatic macroinvertebrates of artesian springs of the Great Artesian Basin: Progress and future directions', Records of the South Australian Museum, vol. 7, pp. 101–110

[93] Ponder, WF (1989), 'Mollusca', in: Zeider, W & Ponder, WF (eds), Natural History of Dalhousie Springs, South Australian Museum, Adelaide

[94] Ponder, WF (1985), 'South Australian mound springs: Relict faunas in the desert', Australian Natural History, vol. 21, pp. 352–355

[95] Ponder, WF, Eggler, P & Coglan, DJ (1995), 'Genetic differentiation of aquatic snails (Gastropoda: Hydrobiidae) from artesian springs in arid Australia', Biological Joumal of the Linnean Society, vol. 56, pp. 553–596

[96] Ponder, WF, Hershler, R & Jenkins, B (1989), 'An endemic radiation of hydrobid snails from artesian springs in northern South Australia: Their taxonomy, physiology, distribution and anatomy', Malacologia, vol. 31, pp. 1–140

[97] Powell JM, 1991. 'Plains of promise, rivers of destiny'. Water development and the development of Queensland, 1824 – 1990

[98] Pulline (1914), 'Scientific notes on an expedition into the interior of Australia carried out by Capt. S.A. White, MBOU, from July to October, 1913: Arachnida', Transactions of the Royal Society of South Australia, vol. 38, pp. 447–448

[99] Queensland Government (1945) Artesian water supplies. First Interim Report of Committee appointed by the Queensland Government to investigate certain aspects relating to the Great Artesian Basin (Queensland Section) with particular reference to the problems of diminishing supply, Parliamentary Paper A1-1945. Government Printer, Brisbane

[100] Queensland Government (1955) Artesian water supplies in Queensland. Report following First Interim Report (1945) of committee appointed by the Queensland Government to investigate certain aspects relating to the Great Artesian Basin (Queensland portion) with particular reference to the problem of diminishing supply. Department of the Co-ordinator General of Public Works Queensland, Brisbane

[101] Queensland Water Commission (2012), Underground water impact report for the Surat Cumulative Management Area. A report prepared by Coal Seam Gas Water and Queensland Water Commission

[102] Radke BM (2009) ‘Hydrocarbon and Geothermal Prosepctivity of Sedimentary Basins in Central Australia; Warburton, Cooper, Perdirka, Galilee, Simpson and Eromanga Basins’. Geoscience Australia, Canberra

[103] Radke BM, Ferguson J, Cresswell RG, Ransley TR and Habermehl MA (2000), ‘Hydrochemistry and implied hydrodynamics of the Cadna-owie – Hooray Aquifer, Great Artesian Basin, Australia’. Bureau of Rural Sciences, Canberra

[104] Radke BM, Kellett JR, Ransley TR and Bell JG (2012) ‘Lexicon of the lithostratigraphic and hydrogeological units of the Great Artesian Basin and its Cenozoic cover’. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment’. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[105] Radke BM and Kellett JR (2012) Chapter 2: Jurassic–Cretaceous geology. In: Ransley TR and Smerdon BD (eds) Hydrostratigraphy, hydrogeology and system conceptualisation of the Great Artesian Basin. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[106] Ransley TR and Smerdon BD (eds) (2012), ‘Hydrostratigraphy, hydrogeology and system conceptualisation of the Great Artesian Basin’. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[107] Ransley TR, Smerdon BD and Radke BM (2012), ‘Chapter 9: Advancing the understanding of the Great Artesian Basin’. In: Ransley TR and Smerdon BD (eds) Hydrostratigraphy, hydrogeology and system conceptualisation of the Great Artesian Basin. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[108] Rolfe J. (2008), ‘Associated Off-farm Economic Values of Saving Water and Resorting Pressure in the Great Artesian Basin’. R & Z Consulting. Available at: http://155.187.2.69/water/publications/environmental/groundwater/pubs/saving-water-gab.pdf

[109] Seidel G (1980), ‘Application of the GABHYD groundwater model of the Great Artesian Basin, Australia’. Bureau of Mineral Resources Journal of Australian Geology and Geophysics 5, 39–45

[110] Smerdon BD, Ransley TR, Radke BM and Kellett JR, (2012). ‘Water resource assessment for the Great Artesian Basin’. A report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[111] Symon, DE (1985), ‘Botanical notes on mound springs and bores’, in: Greenslade, J, Joseph, L & Reeves, A, South Australia’s Mound Springs, Nature Conservation Society of South Australia Inc., Adelaide, pp. 27–48

[112] Tandy PE (1939) Artesian investigation. First interim report. 37/12497 (unpublished). Water Conservation and Irrigation Commission of New South Wales, Australia

[113] Tandy PE (1940) Artesian investigation. Second interim report. 37/12497 (unpublished). Water Conservation and Irrigation Commission of New South Wales, Australia

[114] Welsh WD (2000), ‘GABFLOW: A steady state groundwater flow model of the Great Artesian Basin’. Bureau of Rural Sciences, Canberra

[115] Welsh WD, Moore C, Turnadge C, Smith AJ and Barr TM, (2012a), ‘Modelling of climate and development’. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[116] Welsh WD, Moore C, Turnadge C, Smith AJ and Barr TM, (2012b), ‘Modelling of climate and groundwater development’. A technical report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia

[117] Woods, P.H., Walker, G.R., Allison, G.B. (1990). ‘Estimating groundwater at the southern margin of the Great Artesian Basin near Lake Eyre, South Australia’. Proc. Intl. Conf. Groundwater in Large Sedimentary Basins, Perth WA 9-13 July, 1991, AWRC

[118] Worthington Wilmer, J, Elkin, C, Wilcox, C, Murray, L, Niejalke, D & Possingham, H (2008), ‘The influence of multiple dispersal mechanisms and landscape structure on population clustering and connectivity in fragmented artesian spring snail populations’, Molecular Ecology, vol. 17, pp. 3733–3751

[119] Zeidler, W (1989), ‘Crustacea’, in: Zeidler, W & Ponder, WF (eds), Natural history of Dalhousie Springs, South Australian Museum, Adelaide, pp. 79–87

پیوست:

پیوست ۱

بررسی گسترده‌ای در زمینه تغذیه در بخش کوئینزلند از حوضه آرتزین بزرگ در سال ۱۹۹۰ صورت گرفت. چاه‌های مجهز به سیستم مانیتورینگ در مناطق تغذیه مستقر شدند و برنامه‌های متعددی جهت ایجاد شبکه‌ای از ۱۵ چاه مجهز به سیستم مانیتورینگ و سطح‌سنج‌های خودکار آب در منطقه از روما/اینجان تا تورنز کریک اجرا شدند (فاستر، ۱۹۹۷). از سال ۱۹۹۸ با استفاده از ایستگاه‌های باران‌سنج که جهت اندازه‌گیری حجم و بررسی خصوصیات شیمیایی آب باران نصب شده بودند، بررسی‌های گسترده‌تری از سال ۱۹۹۸ (کلت و همکاران) صورت گرفت. در ۱۸ چاه برای اندازه‌گیری غلظت کلرید، میزان رطوبت و جرم مخصوص ظاهری خاک، عمل مغزه‌گیری و نمونه‌گیری صورت گرفت و از چاه‌های موجود جهت انجام تجزیه و تحلیل شیمیایی و ایزوتوپی آب نمونه‌گیری شد.

کلت و همکاران (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که زیر رودخانه‌ها، نهرها و سیستم‌های آبرفتی که روی رخنمون آبخوان قرار دارند، بیشترین میزان تغذیه صورت می‌گیرد. جریان مسیر ترجیحی (از مناطق نفوذپذیرتر، درز و شکاف‌ها یا ریشه درختان) بسیار حائز اهمیت است. تغذیه پراکنده یا جریان غیراشباع در کل رخنمون منطقه مهم است، ولی میزان آن بسیار کمتر از سایر انواع جریان‌ها می‌باشد. کلت و همکاران میزان تغذیه برای هر نوع را به شرح زیر تعیین کرده‌اند:

- تغذیه پراکنده: ۲/۴–۰/۰۳ میلی‌متر در سال
- جریان مسیر ترجیحی: ۲۸/۲–۰/۵ میلی‌متر در سال
- جویبار/نشت آبرفتی تا ۳۰ میلی‌متر در سال

کلت و همکاران (۲۰۰۳) مشخص کردند که کل تغذیه حجمی ماسه‌سنگ هورای بین مرز نیو ساوت ولز و کمان یورکا برابر با ۲۶۴/۵۹۰ میلیون مترمکعب در سال بود؛ تغذیه در ماسه‌سنگ هاتون برابر با ۱۱۵/۸۶۰ میلیون مترمکعب در سال بود. به گفته آن‌ها این ارقام را باید به عنوان حداقل شارهای تغذیه در رخنمون واقعی مناطق در نظر گرفت. با در نظر گرفتن نشت رو به پایین از طریق سطوح شنی رسوبات فوقانی، کل تغذیه برابر با ۴۰۰ میلیون مترمکعب در سال است.

بنا به اظهار کلت و همکاران برای ایجاد تغذیه مسیر ترجیحی، میزان بارش ماهانه باید حدود ۲۰۰ میلی‌متر باشد و علاوه بر آن، بارندگی‌های اتفاقی و با بزرگی بالا که غالب بر تغذیه در بسترهای جذب می‌شود، مورد نیاز است. استفاده از درصد بارندگی برای تعیین تغذیه به وضوح به مثابه ساده‌انگاری بیش از اندازه این فرایند کاملا پیچیده است: تغذیه ضروری است که به عنوان تابع فراوانی رویدادهای با بزرگی بالا در نظر گرفته شود. به علاوه، فاکتورهایی نظیر پوشش گیاهی، خاک و خواص هیدرولیکی آبخوان و منطقه غیراشباع باید در نظر گرفته شود.

چنانچه در بررسی کلت و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده شده است، با توجه به ضرورت بررسی‌های کاملا فشرده برای تعیین تغذیه، حتی برآورد کل تغذیه سالانه در حوضه آرتزین بزرگ با دقت معقول، دشوار و بغرنج

شده است.

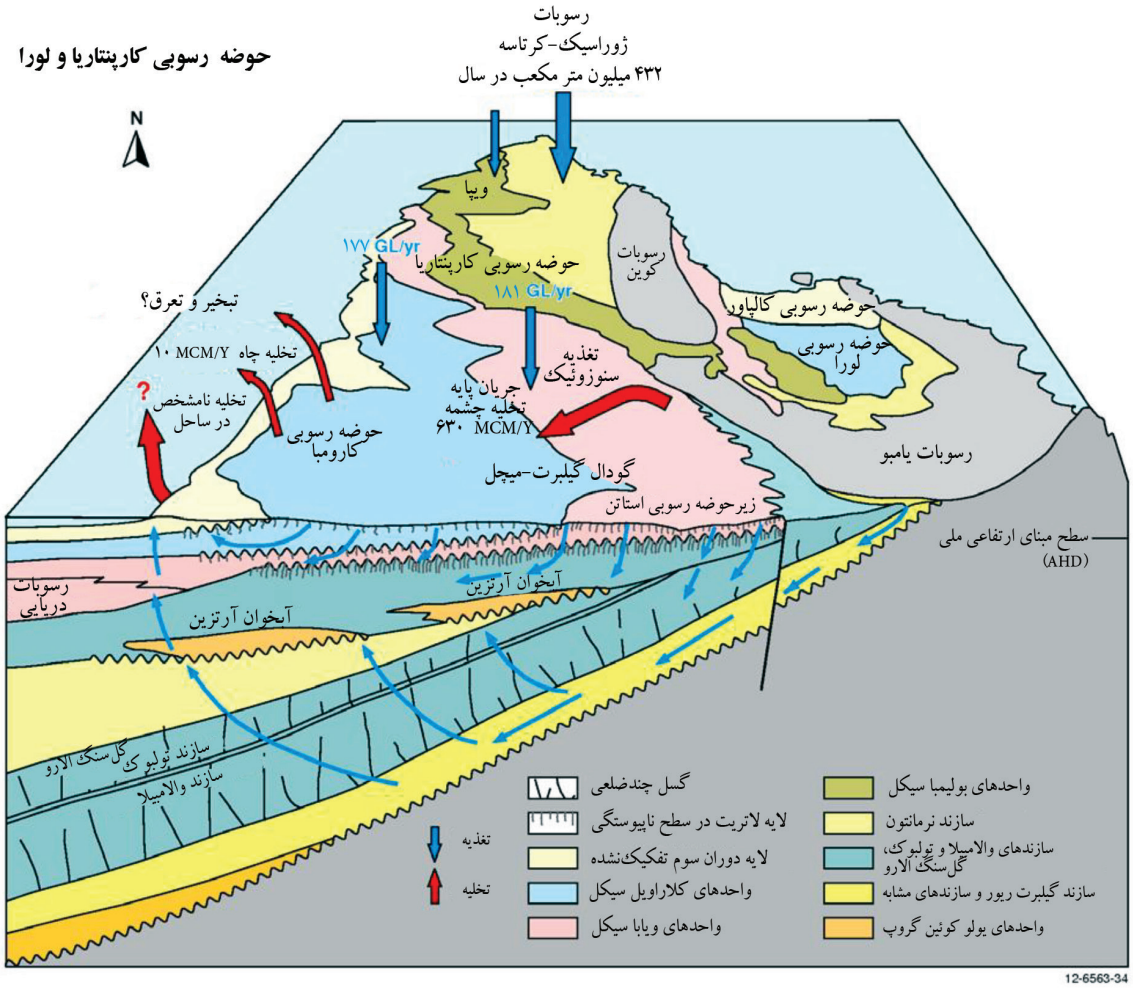
با وجود مشکلات بدیهی برای گسترش دامنه این تحقیق در مورد سایر نقاط این حوضه، اقداماتی نسبت به ادامه این تحقیق صورت گرفته است و بنابراین می‌توان کل تغذیه احتمالی در حوضه مذکور را به دست آورد. این امر از طریق محاسبه میانگین تغذیه حاصل از میانگین بارندگی در منطقه مورد بررسی و متناسب‌سازی تغذیه برای تعیین بارندگی در سایر مناطق صورت گرفته است و در واقع، برای ارائه شدت‌های مختلف بارندگی، یک نسبت فرضی در نظر گرفته شده است. بارندگی مؤثر بیانگر این واقعیت است که بارندگی در مناطق تغذیه غربی به اندازه قابل توجهی کمتر است و تعداد رویدادهای با بزرگی بالا نیز در این مناطق کمتر است، در حالی که در حوضه رسوبی کارپنتاریا، بارش زیاد به پس‌زدن قسمت اعظم تغذیه احتمالی منجر شده است. این برآوردها در حوضه رسوبی کارپنتاریا، نیو ساوت ولز در امتداد حاشیه غربی حوضه آرتزین بزرگ در استرالیای جنوبی و قلمرو شمالی استرالیا صورت گرفته است و حوضه رسوبی ارومانگا در کوئینزلند در مطالعه کلت و همکاران (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار نگرفته است. جزئیات مربوطه در جدول ذیل ارائه شده است. کل تغذیه در این جدول برابر با ۸۸۰/۶۲۰ میلیون مترمکعب نشان داده شده است که به برآوردهای قبلی یعنی حدود یک میلیارد مترمکعب نزدیک است. البته، نقاط ضعف بدیهی در این محاسبات وجود دارند.

میزان برآورد تغذیه در حوضه آرتزین بزرگ

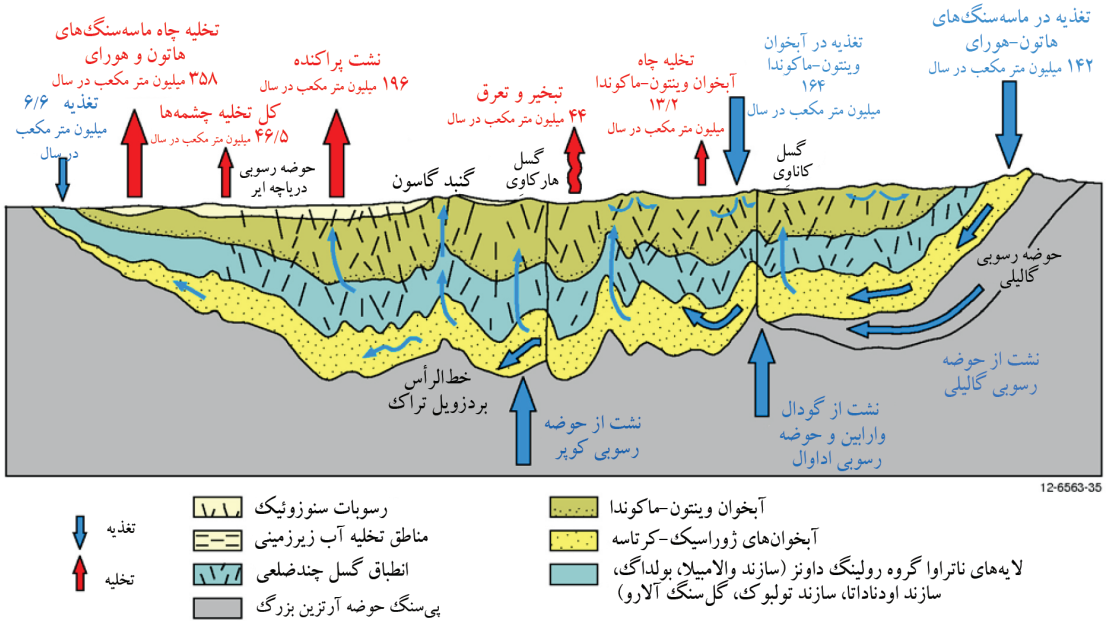
محل رخنمون آبخوان	مساحت (کیلومتر مربع)	میانگین بارندگی (میلی متر)	بارندگی مؤثر (درصد)	تغذیه تامبو[1] (میلی متر در سال)	نرخ تغذیه محاسبه شده (میلی متر در سال)	کل تغذیه (میلیون متر مکعب در سال)
منطقه مورد بررسی در مطالعه کلت و همکاران (۲۰۰۳)	۵۲,۳۷۱	۶۰۰	۱۰۰	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۷۲۵	۳۷۹/۶۹۰
منطقه‌ای در شرق کوئینزلند که توسط کلت و همکاران (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفته نشده است	۱۷,۵۳۵	۶۰۰	۱۰۰	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۷۲۵	۱۲۷/۱۲۹
غرب کوئینزلند	۷,۳۵۷	۲۰۰	۷۵	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۱۸۱	۱۳/۳۳۵
قلمرو شمالی استرالیا	۱۴,۸۶۳	۱۹۰	۷۵	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۱۷۲	۲۵/۵۹۲
استرالیای جنوبی	۱,۳۷۸	۱۸۰	۷۵	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۱۶۳	۲/۲۴۸
نیو ساوت ولز	۳۲,۷۴۰	محاسبه نیو ساوت ولز				۲۹/۵۰۰
حوضه رسوبی کارپنتاریا	۳۱,۳۵۸	۱۶۰۰	۵۰	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۹۶۷	۳۰۳/۱۲۷
کل						**۸۸۰/۶۲۱**

پیوست ۲

بیلان حوضه‌های رسوبی کارپنتاریا و لورا



بیلان حوضه رسوبی ارومانگا (غربی و مرکزی)



بیلان حوضه رسوبی سورات