

اهمیت بکارگیری فناوری ایزوتوپ‌ها در مدیریت منابع آب و ضرورت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و خط ایزوتوپی (^2H vs. ^{18}O) نزولات جوی کشور

حسین محمدزاده

دکتری منابع آب و محیط‌زیست و فوق‌دکتری کاربرد فناوری ایزوتوپ‌های محیطی در منابع آب، دانشگاه اتاوا، کانادا

دانشیار و سرپرست مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی (متأب) دانشگاه فردوسی مشهد

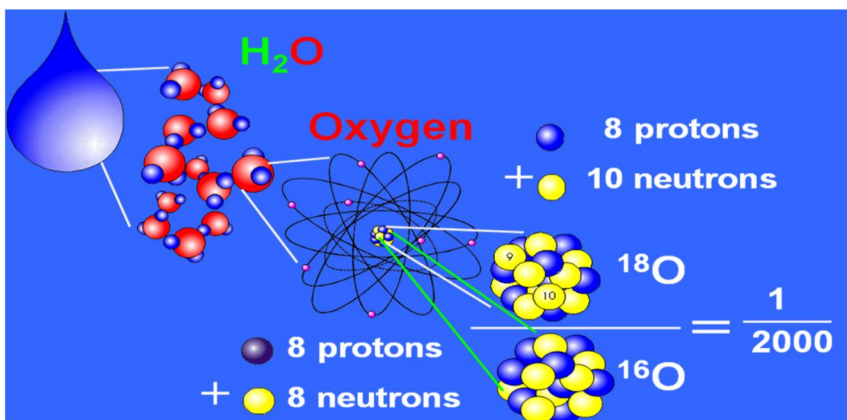
صندوق پستی: 1436-91775؛ تلفن: 05138805485(09105000155)

mohammadzadeh@um.ac.ir

مقدمه، ضرورت و هدف:

با توجه به وضعیت کم‌آبی و فرارگیری کشور جمهوری اسلامی ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک، مدیریت پایدار منابع آب و محیط‌زیست امری بسیار ضروری تلقی می‌گردد. مدیریت یکپارچه منابع آب بدون شناخت دقیق چرخه هیدرولوژی امری غیرممکن خواهد بود. متأسفانه به علت کمبود اطلاعات هیدرولوژیکی، شناخت و درک سیستم هیدرولوژیکی به‌ویژه درزمینه‌ی مدیریت آب‌های زیرزمینی با چالش مواجه است. در این راستا، استفاده از تکنیک‌ها و فناوری ایزوتوپ‌های پایدار آب (^{18}O & ^2H)، به‌عنوان ردیاب‌های طبیعی جهت بررسی‌های هیدرولوژیکی، از مدیریت مؤثر منابع آب به‌خوبی پشتیبانی می‌نمایند. با توجه به تغییرات آب‌وهوایی و اقلیمی، ترکیب ایزوتوپ‌های پایدار (^{18}O & ^2H) موجود در آب باران و برف در طول زمان و مکان فرق می‌کند. رابطه بین ترکیب ایزوتوپی بارش و آب‌وهوا این امکان را به وجود می‌آورد که شرایط آب‌وهوایی در گذشته را با توجه به ترکیب ایزوتوپی بارش‌های قدیمه بجای مانده از گذشته (آب‌های زیرزمینی) بررسی نمود.

مولکول آب با داشتن دو عنصر اکسیژن و هیدروژن، هر یک با ایزوتوپ‌های مختلف (شکل ۱)، کاربرد زیادی در مطالعات منابع آب دارد. از آنجائیکه مطالعات ایزوتوپی نزولات جوی در سطح کشور بسیار اندک و پراکنده بوده و نقشه‌های پهنه‌بندی ایزوتوپی (^2H و ^{18}O) نزولات جوی کشور تا کنون تهیه نشده است، با اجرای این طرح مطالعاتی و تحقیقاتی برای نخستین بار بر اساس استانداردهای آژانس بین‌المللی انرژی اتمی نمونه برداری و نقشه‌های پهنه‌بندی ایزوتوپ‌های اکسیژن 18 (^{18}O) و دوتریوم (^2H) برای کل کشور و هر یک از استان‌ها تهیه و چگونگی تغییرات الگوی ایزوتوپی تیپ بارش‌های کشور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. همچنین، خط ایزوتوپی (^{18}O vs ^2H) مربوط به نزولات جوی کشور (Iran Meteoric Water Line - IMWL) بر روی دیاگرام ^{18}O vs ^2H برای هر یک از استان‌های کشور تعیین و با خط مربوط به نزولات جوی جهانی (Global Meteoric Water Line-GMWL) مقایسه خواهد شد. اهداف این تحقیق را می‌توان بصورت زیر لیست نمود.

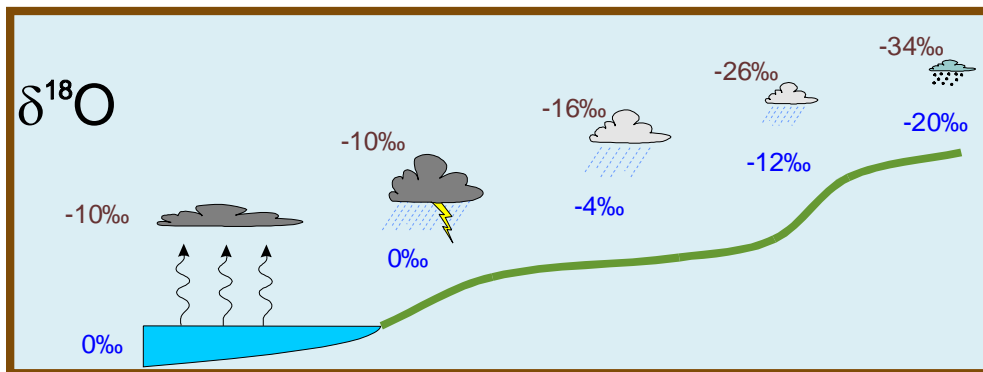


شکل 1: ایزوتوپ‌های اکسیژن (^{18}O و ^{16}O) در مولکول آب

- ❖ تهیه الگوی ایزوتوپی بارش در کشور به‌منظور رسم نقشه پهنه‌بندی ایزوتوپ‌های ^{18}O و ^2H در نرم‌افزار GIS و بررسی ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و غیره به‌عنوان مبنای مطالعات ایزوتوپی در چرخه آب کشور.
- ❖ تهیه خط ایزوتوپی مربوط به آب‌های جوی به تفکیک ایستگاه هواشناسی، استان، حوضه آبریز و همچنین به صورت یکپارچه برای کل کشور و مقایسه خطوط جوی ایزوتوپی بدست آمده با خطوط جوی ایزوتوپی جهانی و منطقه‌بندی منشأ بارش‌های جوی کشور بر اساس ترکیب ایزوتوپی نزولات جوی.
- ❖ بررسی تغییرات ایزوتوپی با توجه به الف) تغییرات مکانی و فصلی بارش، ب) تغییرات ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی، ج) تغییرات رطوبت در مناطق مختلف کشور و بکارگیری فن‌آوری ایزوتوپ‌ها در مدیریت منابع آب، بخصوص آبخوان‌های مرزی و آبهای ژرف.

نوآوری تحقیق در سطح ملی و بین‌المللی:

- مطالعات ایزوتوپی آب باران و منابع آبی، روشی است که امروزه جهت بررسی تیپ ایزوتوپی آب باران، هیدروژئوشیمی، تشخیص آلودگی آب‌ها و میزان تبخیر آب‌های سطحی و زیرزمینی در دنیا انجام می‌شود. هر چند که دلیل تغییر ترکیب ایزوتوپی توده‌های جوی و آب باران حاصل از آن (شکل 2) در کشورهای پیشرفته مطالعات وسیعی در این زمینه صورت گرفته است، اما هیچ شهر و استانی در ایران دارای نقشه هم‌ایزوتوپ اکسیژن ^{18}O و دوتریوم (^2H)، که نشان‌دهنده چگونگی تغییرات تیپ ایزوتوپی آب باران باشد، نمی‌باشد. تنها تعداد بسیار محدودی از شهرهای بزرگ ایران آن هم بصورت ناقص و بر اساس داده‌های ناقص دارای خط ایزوتوپی (^{18}O vs ^2H) مربوط به نزولات جوی می‌باشند. برخی از دستاوردهای این تحقیق را می‌توان بصورت زیر لیست نمود.
- ❖ تهیه نقشه پراکندگی ایزوتوپی در بارش ماهیانه و سالانه در مقیاس کشور برای اولین بار نسبت به کشورهای منطقه.
 - ❖ رسم خط جوی ایزوتوپی در مقیاس محلی و کشوری با استفاده از نمونه‌های بارش تجمعی ماهیانه و سالیانه.
 - ❖ نقشه‌های پراکندگی ایزوتوپی کشور به‌عنوان مبنای مطالعات بعدی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.
 - ❖ نمونه‌برداری از منابع آب بارش با استفاده از دستگاه نمونه‌برداری تجمعی به میزان زیادی از تبخیر نمونه‌ها (به عنوان اصلی‌ترین عامل ایجاد خطا در نتایج) جلوگیری می‌نماید که به مقدار قابل توجه اعتبار تعبیر و تفاسیر را افزایش می‌دهد.

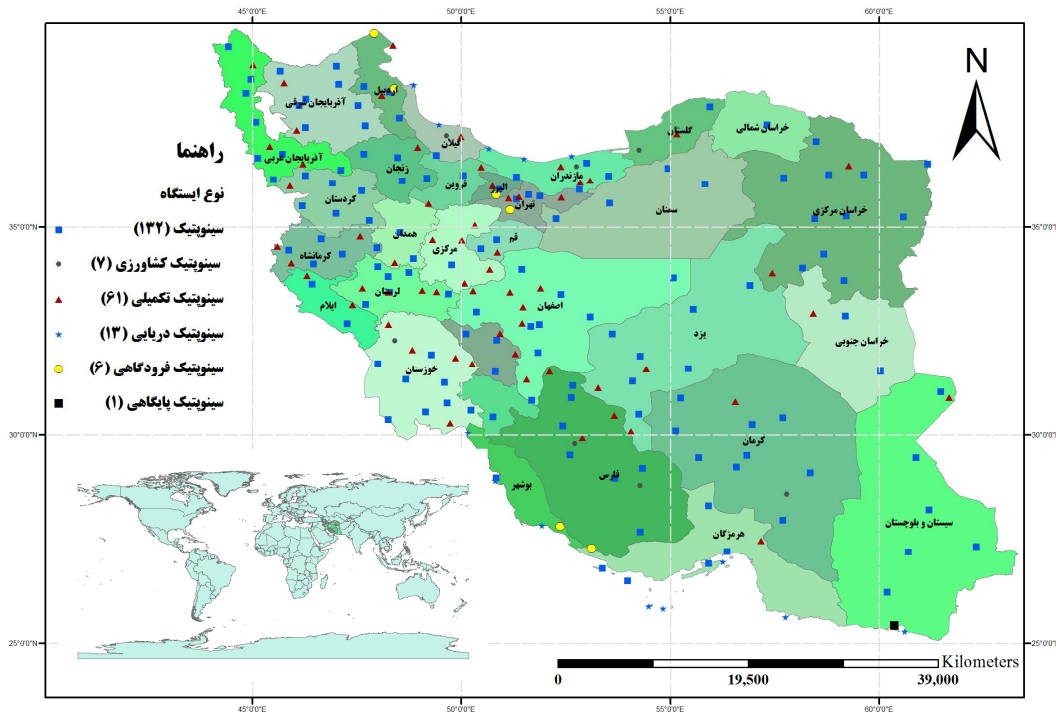


شکل 2: تغییر ترکیب ایزوتوپی توده های جوی و آب باران حاصل از آن

نتایج حاصل از این طرح پژوهشی ضمن ارائه به سازمان‌های ذی‌ربط استان‌ها (از جمله سازمان آب منطقه‌ای، اداره هواشناسی، شهرداری، سازمان آبفا و سازمان زمین‌شناسی)، به صورت مقالات همایشی (در مجامع علمی) و علمی – پژوهشی (در مجلات معتبر) در اختیار علاقمندان، محققین و بویژه دانشجویان قرار خواهد گرفت. همچنین با اجرای این پروژه به بومی سازی استفاده از فناوری ایزوتوپ‌های پایدار در کشور کمک خواهد نمود.

شیوه انجام مطالعه و تحقیق:

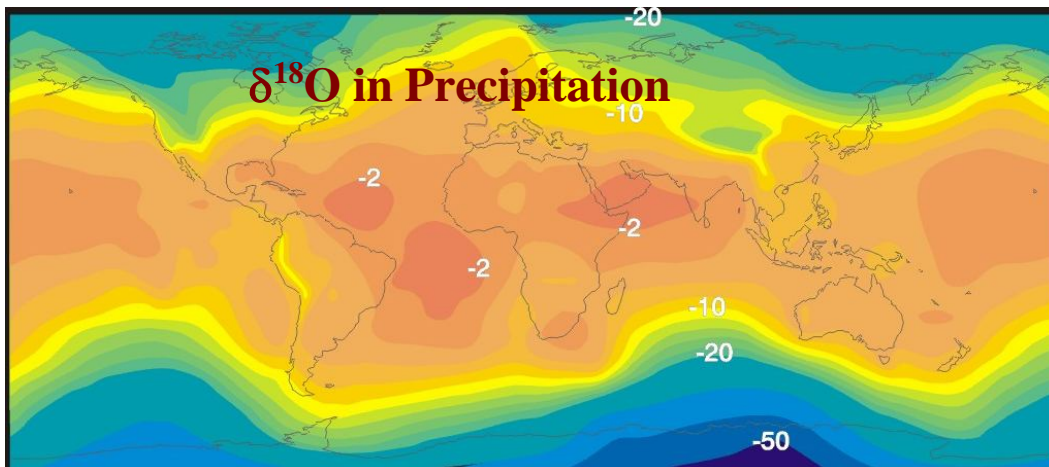
این طرح مطالعاتی و تحقیقاتی زیر نظر مرکز تحقیقات آبهای زیرزمینی (متأب) دانشگاه فردوسی مشهد و آزمایشگاه ایزوتوپی دانشگاه‌های واترلو و اتاوا کانادا انجام خواهد گرفت. البته به منظور کاهش هزینه و خطر از دست رفتن برخی رخدادهای بارش، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) در راستای پروژه شبکه جهانی ایزوتوپ‌های بارندگی (GNIP) پیشنهاد می‌کند که نمونه‌های آب باران به‌صورت ماهیانه برداشت شوند. ترکیب ماهیانه آب باران عبارت است از نمونه‌ی جمع‌آوری شده در ظرف ذخیره نمونه که از خالی کردن تمام بارندگی‌های رخ داده در طول مدت یک ماه به دست می‌آید. جهت نمونه‌برداری ایزوتوپی از بارش، علاوه بر تهیه دستورالعمل استاندارد نمونه برداری و آموزش پرسنل مربوطه، بایستی کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در کشور توسط وسایل نمونه‌برداری ایزوتوپی استاندارد تجهیز گردد (شکل 3). در مورد نحوه انجام این پروژه، مراحل زیر مد نظر مرکز تحقیقات آبهای زیرزمینی (متأب) دانشگاه فردوسی مشهد، می‌باشد:



شکل 3: پراکندگی انواع ایستگاه‌های هواشناسی در کشور جمهوری اسلامی ایران

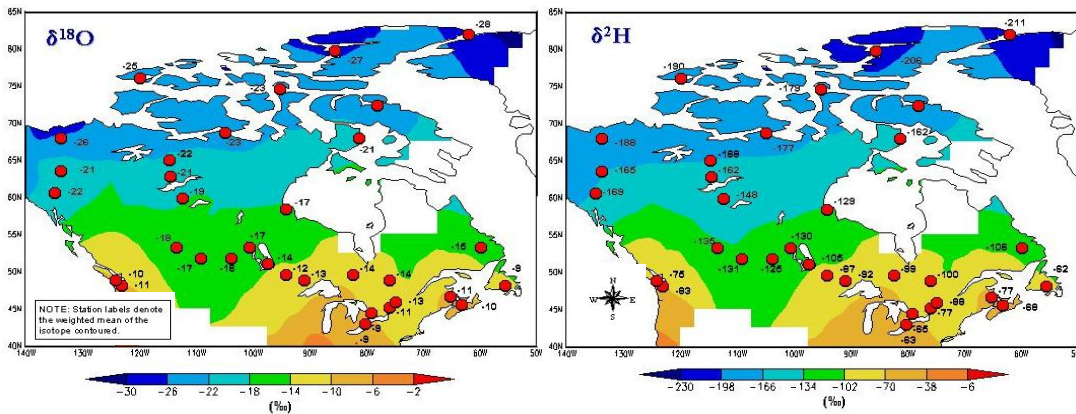
1. مطالعات پایه

- ❖ بررسی قوانین و استانداردهای ملی و بین‌المللی مرتبط با ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ^{18}O و دوتریوم (^2H)
- ❖ تهیه دستورالعمل استاندارد نمونه برداری ایزوتوپی از آب باران.
- ❖ مطالعات کتابخانه‌ای و گردآوری مقالات، کتاب‌ها، گزارش‌های موجود مرتبط با طرح در ایران و جهان
- ❖ بررسی عوامل تاثیر گزار بر ترکیب ایزوتوپ‌های پایدار
- ❖ بررسی علل تغییرات ایزوتوپی در جهان (شکل 4)



شکل 4: تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن ^{18}O در جهان

- ❖ بررسی مطالعات موردی موفق در تهیه نقشه های پهنه بندی ایزوتوپ‌های اکسیژن 18 (^{18}O) و دوتریوم (^2H) در جهان (شکل 5)
- ❖ گردآوری پارامترهای هواشناسی (بارش، تبخیر، رطوبت، دما و ...) برای دوره‌ی آماری اندازه‌گیری ایزوتوپی.
- ❖ بررسی توده‌های جوی ورودی به ایران و ترکیب ایزوتوپی آن‌ها در کشورهای هم‌جوار



شکل 5: تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن 18 (^{18}O) و دوتریوم (^2H) در قاره آمریکای شمالی

2. انجام کارهای میدانی و عملیات صحرایی در محل ایستگاه‌های هواشناسی جهت نمونه برداری از آب

باران بمنظور آنالیز ایزوتوپی (با همکاری شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌های کشور):

- ❖ شناسایی باران سنج‌های استان‌ها (مراکز استان و شهرستان‌ها) و فراهم آوردن وسایل مورد نیاز در ایستگاه‌های باران سنجی.
- ❖ تجهیز ایستگاه‌های سینوپتیک کشور به وسیله نمونه برداری از آب باران و برف.
- ❖ تهیه دستگاه‌ها، ظروف نمونه برداری و بررسی وسایل مورد نیاز برای عملیات صحرایی
- ❖ آموزش تکنسین‌های ایستگاه‌های هواشناسی برای نمونه برداری
- ❖ نمونه برداری از آب باران برای ایزوتوپ‌های اکسیژن و هیدروژن (^{18}O , ^2H)

3. انجام مطالعات و عملیات آزمایشگاهی بمنظور آنالیز ایزوتوپی (با همکاری آزمایشگاه ایزوتوپی دانشگاه

اتاوا - کانادا):

- ❖ تهیه استانداردهای لازم برای اندازه‌گیری ایزوتوپی
- ❖ چک کردن دستگاه‌های مورد نیاز برای عملیات صحرایی
- ❖ آماده‌سازی نمونه‌های آب برای ایزوتوپ‌های اکسیژن و هیدروژن (^{18}O , ^2H)
- ❖ انجام آنالیزهای ایزوتوپی (^{18}O , ^2H) با استفاده از دستگاه LGR و CF-IRMS در آزمایشگاه ایزوتوپی دانشگاه‌های واترلو و اتاوا کانادا

4. تفسیر و تحلیل داده‌های ایزوتوپی

با تفسیر و تحلیل داده‌های ایزوتوپی، نمودارها، پروفیل‌ها و نقشه‌های پهنه بندی ایزوتوپ اکسیژن 18 (^{18}O) و دوتریوم (^2H) و خط ایزوتوپی (^{18}O vs ^2H) برای نزولات جوی استان و کشور تهیه و تغییرات ایزوتوپی با توجه به الگوهای بارش، میزان بارش، تغییرات دمایی، ارتفاع و رطوبت کشور مورد بررسی

قرارخواهد گرفت. همچنین چگونگی تغییرات تیپ ایزوتوپی آب باران در مناطق مختلف کشور بررسی و با مقادیر ایزوتوپی نزولات جوی جهانی مقایسه خواهد شد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نزولات جوی مهمترین منبع تامین کننده آب منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشند، از اینرو، مطالعه ایزوتوپی آب باران کشور برای مطالعات کمی و آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، تعیین میزان تبخیر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و برای شناسایی منشأ و ارتفاع تغذیه آب‌های زیرزمینی بسیار ضروری بوده و مبنای مقایسه ایزوتوپی برای مطالعات ایزوتوپی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی خواهد بود. ازجمله دیگر کاربردهای ایزوتوپ‌های پایدار بارش در مدیریت آب‌های زیرزمینی می‌توان به بررسی تبادل آب زیرزمینی بین آبخوان‌های مختلف و با آب‌های سطحی و همچنین وضعیت تخریب کیفیت و آلودگی آن‌ها را بررسی نمود. تعیین ایستگاه‌های هواشناسی مهم و مورد نیاز برای نمونه برداری ایزوتوپی بلند مدت و برآورد سری زمانی میانگین وزنی ترکیب ایزوتوپی بارش برای اهداف مدیریت آب کشور (همانند کشورهای پیشرفته)، بخصوص برای مطالعه آب‌های زیرزمینی ژرف و و بررسی ارتباط بین آبخوان‌های مرزی بسیار ضروری است. ناگفته نماند که ترکیب ایزوتوپی بارش‌های جوی برای سایر علوم از جمله: زیست‌شناسی (مثلاً مطالعه نحوه مهاجرت پرندگان، ماهی‌ها و غیره)، زمین‌شناسی، پزشکی، شیمی و غیره نیز حائز اهمیت بسیاری است.

این طرح بمنظور پوشش کامل رویدادهای بارندگی، در مدت 24 ماه قابل اجرا خواهد بود. مبلغ اجرای این پروژه بستگی به تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی انتخابی برای تجهیز و نمونه برداری ایزوتوپی و تعداد نمونه برداری در هر یک از ایستگاه‌های منتخب در هر یک از استان‌ها و در سطح کشور، که با نظر کارشناسان دفتر مطالعات پایه منابع آب و شرکت‌های آب منطقه‌ای و سازمان هواشناسی تعیین می‌گردد، دارد. اما با فرض تجهیز و نمونه‌برداری ایزوتوپی از ایستگاه‌های سینوپتیک (تعداد 132) هزینه کل طرح حدود یک میلیارد و پانصد هزار تومان برآورد می‌گردد.