Archive of SID



# بررسی ترکیب ایزوتوپهای پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم در بارشهای زاگرس غربی

حاجی کریمی

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

.

.

*Haji.karimi@gmail.com*

**خلاصه**

ترکیب ایزوتوپی بارندگی یکی از پارامترهای مهم در مطالعات هیدرولوژی می باشد؛ زیرا ویژگی های اولیه ایزوتوپی بارش را بعنوان ورودی به سفره آب زیرزمینی در خود نگه می دارد و تغییرات بعدی که در آبخوان اتفاق می افتد را می توان به راحتی تعقیب نمود. برای بررسی ترکیب ایزوتوپی بارشها در غرب زاگرس و در حوضه الوند کرمانشاه اقدام به نمونه برداری از سه سری بارندگی در فصول مختلف و در سه ارتفاع متفاوت گردید. بررسی ها نشان داد که در این ناحیه ترکیب ایزوتوپی با فصل متغیر بوده و ویژگی های خط منطقه ای بارش با شیب خط بارش جهانی و مدیترانه ای دارای تفاوتهایی می باشد. بررسی ها نشان داد که میزان تغییر ترکیب اکسیژن ۱۸ با ارتفاع حدود ۰/۲۲ در هزار (پر میل) به ازای هر ۱۰۰ متر تغییر در ارتفاع می باشد.

**کلمات کلیدی: بارش، ترکیب ایزوتوپی، حوضه الوند، کرمانشاه**

## ۱. مقدمه

ترکیب ایزوتوپی آب باران یکی از پارامترهای مهم در مطالعات ایزوتوپی است. این ترکیب بعنوان ترکیب اولیه ایزوتوپی ورودی به سفره محسوب شده و تغییرات بعدی آن در آبخوان بیانگر سرگذشتی است که آب تحمل می نماید. همچنین محققین مختلف مانند *Kattan (1997); Abbott et al., (2000); James et al., (2000); Yoshimura et al. (2001); Eisenlohr et al., (1997); Vallejos et al. (1997) and Ellins (1992)* رابطه بین تغییرات ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ و ارتفاع را در مناطق مختلف تعیین نمودند که می توان بوسیله آن ارتفاع نواحی تغذیه کننده چشمه ها را تعیین نمود. در این مطالعه سعی گردیده تا با نمونه برداری و آنالیز ایزوتوپهای پایدار در نمونه های آب باران، نحوه تغییر ترکیب ایزوتوپی آب باران با ارتفاع تعیین و معادله خط بارش در نواحی غربی زاگرس تعیین گردد.

## موقعیت جغرافیایی حوضه الوند

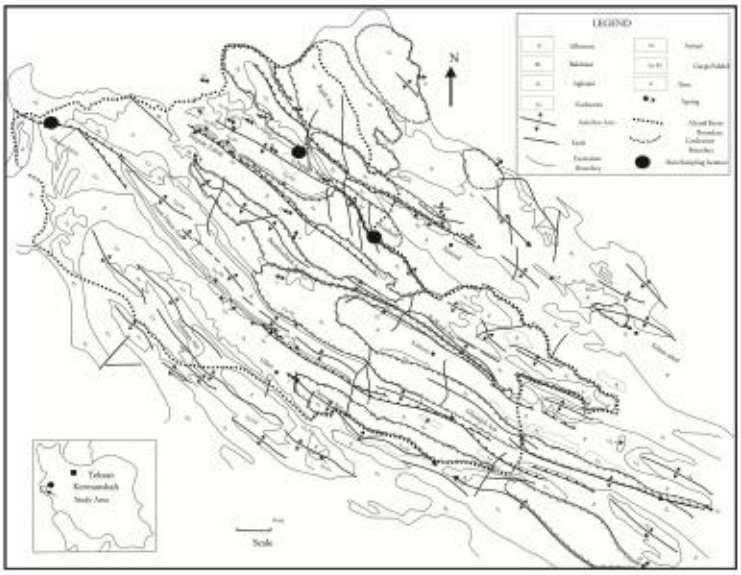
حوضه الوند با مساحت ۲۷۱۸ کیلومتر مربع در حاشیه جنوب غربی استان کرمانشاه و در مجاورت مرز ایران و عراق واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در حد فاصل طول جغرافیایی ′۳۱ °۴۵ تا ′۲۹ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ′۵۷ °۳۴ تا ′۳۵ °۳۴ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). هشت تاقدیس در داخل و یا حاشیه حوضه الوند قرار دارند که شامل تاقدیس های دالاهو (ریجاب)، پاطاق (نواکو)، بان خشکه (دانه خشک)، کل کش (دربند ایستاخان)، وردلان (قلاجه)، امام حسن، سراوان و ویژنان می باشد. قسمت عمده منطقه الوند در ناحیه زاگرس مرتفع و بخش کمی از غرب حوضه در ناحیه چین خورده ساده زاگرس واقع شده است. تغییرات توپوگرافی از حدود ۲۴۵۰ متر ( در تاقدیس نواکو ) تا ۲۲۰ متر در حوالی گرصدف در خروجی حوضه متغیر است. بر اساس مطالعات هواشناسی حوضه الوند ( بخش زمین شناسی دانشگاه شیراز، ۱۳۸۰)، متوسط بلند مدت بارندگی در سطح حوضه الوند ۵۳۵ میلیمتر و متوسط درجه حرارت و تبخیر بترتیب ۱۵/۶ درجه سانتیگراد و ۲۲۲۶ میلیمتر برآورد گردیده است.



www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۱: نقشه هیدروژئولوژیکی حوضه الوند کرمانشاه که نشانگر محلهای نمونه برداری پارش است.

## نمونه برداری و آزمایشات

نمونه برداری از بارندگی های منطقه، بمنظور دستیابی به نحوه تغییرات ایزوتوپی با ارتفاع در بارندگی های منطقه، از بارشهای حوضه در سه ارتفاع مختلف نمونه برداری صورت گرفته است. نمونه برداری ها در قالب مطالعات نیمه تفصیلی حوضه کارست الوند کرمانشاه که از طرف مرکز مطالعات و تحقیقات کارست کشور به بخش زمین شناسی دانشگاه شیراز محول گردیده بود (بخش زمین شناسی دانشگاه شیراز، ۱۳۸۰) و همچنین بعنوان منطقه پایان نامه دکترای نگارنده *(Karimi, 2003)* به انجام رسیده است. نقاط نمونه برداری شامل قصرشیرین (محل امور آب قصرشیرین با ارتفاع ۴۸۶)، پاطاق (محل تلمبه خانه پاطاق با ارتفاع ۹۷۸ که تقریباً درحد ارتفاع متوسط حوضه است) و نواکو (نزدیک دکل صدا و سیما بر روی کوه نواکو در ارتفاع ۲۱۶۱) می باشد. جمع آوری نمونه باران در ظروف طراحی شده توسط نگارنده در بخش زمین شناسی دانشگاه شیراز انجام پذیرفته تا هیچگونه تبخیری در بارش ها تا زمان جمع آوری صورت نگیرد. در سه بارندگی مختلف بلافاصله روز بعد از بارندگی نمونه های بارندگی جمع آوری گردیده است (مجموعاً ۹ نمونه بارندگی اندازه گیری شده است). نمونه برداری در شیشه های ۱۵۰ میلی لیتری با در پوش کاملاً محکم انجام پذیرفته تا در نمونه ها تبخیر صورت نگیرد.

نمونه های برداشت شده به کشور آلمان ارسال گردیده و در آزمایشگاه مرکز *National Research Center for Environment and Health (GSF)* توسط دکتر *Klaus- Peter Seiler* آنالیز شده اند. جدول ۱ مشخصات محلهای نمونه برداری و ترکیب ایزوتوپهای اکسیژن ۱۸ و دوتریم را در نمونه های آب باران نشان می دهد.

جدول ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه برداری آب باران در حوضه الوند و ترکیب ایزوتوپی نمونه ها

| *Location* | *Elevation (m)* | *Sampling date* | $d^{18}O$ [‰] | $d^{2}H$ [‰] |
|---|---|---|---|---|
| *Novakoh* | *2161* | *79/12/18* | *-4.60* | *-15.8* |
| | | *79/12/26* | *-6.90* | *-34.3* |
| | | *80/1/5* | *-5.28* | *-22.5* |
| *Ghasre shirin* | *386* | *79/12/18* | *0.97* | *17.1* |
| | | *79/12/26* | *-2.09* | *-3.6* |
| | | *80/1/5* | *-3.50* | *-11.8* |
| *Patagh* | *978* | *79/12/18* | *-1.20* | *-0.3* |
| | | *79/12/26* | *-3.38* | *-13.0* |
| | | *80/1/5* | *-4.81* | *-25.6* |



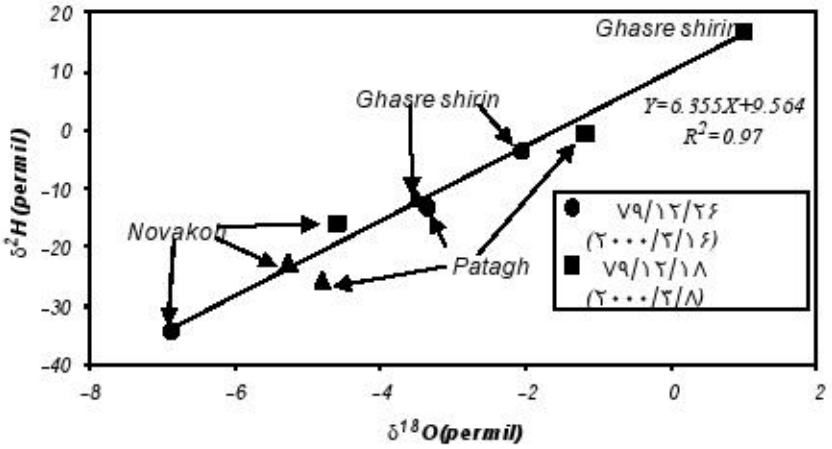
www.SID.ir

Archive of SID



**ترکیب ایزوتوپی بارندگی**

ترسیم ترکیب ایزوتوپهای اکسیژن ۱۸ و دوتریم نمونه های آب باران صورت گرفت (شکل ۲) و رابطه زیر با همبستگی خوبی حاصل گردید.




شکل ۲: ترکیب ایزوتوپی نمونه های بارش در حوضه الوند کرمانشاه (شرب زاگرس)

$$\delta D = 6.355\ \delta^{18}O + 9.565, \quad R^2 = 0.97 \qquad (1)$$

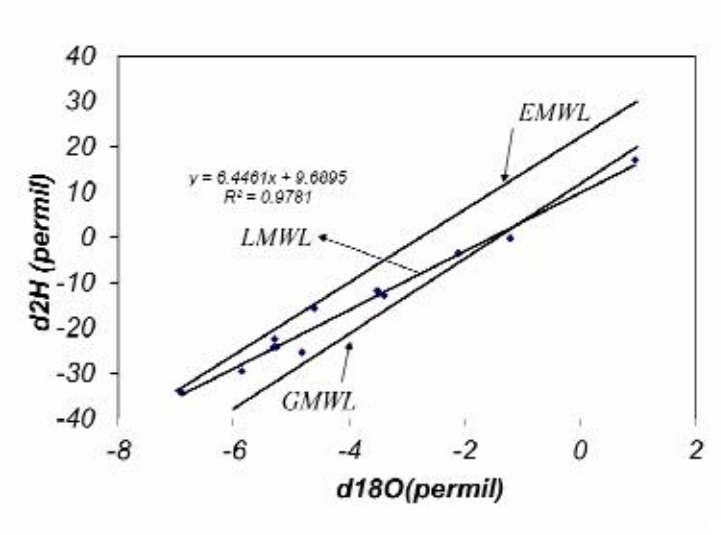
رابطه فوق بیانگر خط بارندگی محلی *Local Meteoric Water Line (LMWL)* در منطقه الوند می باشد که در آن $\delta D$ و $\delta^{18}O$ بترتیب میزان ایزوتوپ های دوتریم و اکسیژن ۱۸ بر حسب قسمت در هزار (*Permil*) می باشد. در شکل ۲ ملاحظه می گردد که نمونه های ایستگاه نواکو که از ارتفاع بیشتری برخوردار می باشد، از نظر ترکیب ایزوتوپی سبکتر بوده در حالیکه ترکیب ایزوتوپی ایستگاه قصرشیرین بدلیل ارتفاع کمتر، دارای ترکیب ایزوتوپی سنگین تری می باشد. ایستگاه پاطاق به نسبت ارتفاع آن، حالت بینابین دارد. مقایسه خط بارندگی بدست آمده با خط بارندگی جهانی *(GMWL)* با رابطه $\delta D = 8.17\ \delta^{18}O + 11.27$ و خط بارندگی های شرق مدیترانه *(EMWL)* با رابطه $\delta D = 8\ \delta^{18}O + 22$ *(Clark and Fritz, 1997)* نشان می دهد که این خط شیب کمتری از آنها داشته و آنها را قطع می کند (شکل ۳). علت این امر اینست که شرایط محلی و منطقه ای بر روی ترکیب ایزوتوپی بارندگی اثر گذاشته است؛ بدین ترتیب که نمونه های نقاط مرتفع مانند نواکو بدلیل پایین بودن دما، تحت تاثیر تبخیر قرار نگرفته اند اما نمونه های نواحی کم ارتفاع بدلیل وقوع مقداری تبخیر به علت طولانی تر بودن مسیر بارش و بالاتر بودن دما، مقداری تبخیر در حین بارش صورت می گیرد. لازم به ذکر است که این تبخیر در نمونه های آب باران هنگام تجمع در ظروف نمونه برداری در محل صورت نگرفته زیرا طراحی ظرفها اجازه تبخیر را نداده و نمونه ها بلافاصله در پایان بارش جمع آوری شده اند. خط برازش شده در نمونه های آب دارای شیبی کمتر از ۸ می باشد که بیانگر وقوع تبخیر در آنها است.



www.SID.ir

Archive of SID

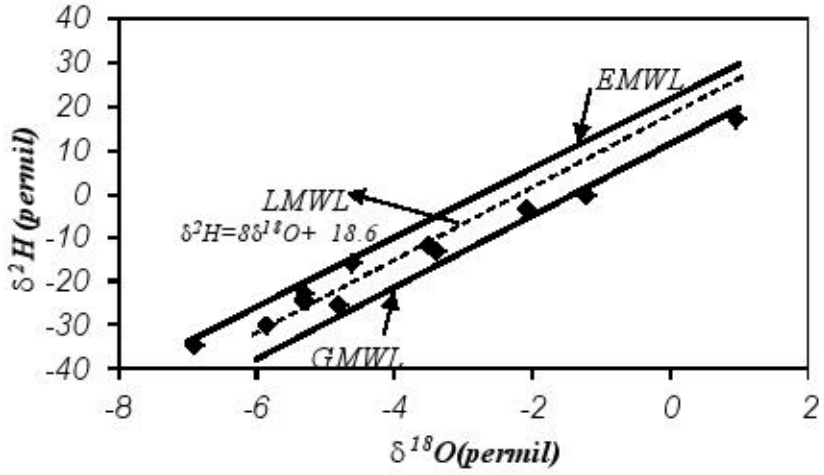





شکل ۳: رابطه بین ترکیب ایزوتوپی بارشهای غرب زاگرس در مقایسه با خط بارش جهانی و مدیترانه شرقی

بررسی ها نشان داده است که شیب خط بارندگی در هر منطقه در حالت طبیعی دارای شیب ۸ می باشد (مذاکرات حضوری نگارنده با *Pete Rowe*)، بنابراین برای استخراج خط بارش منطقه سعی گردید خطی با شیب ۸ از بین داده های منطقه عبور داده شود تا خط بارش واقعی منطقه ای در این ناحیه بدست آید. برای این منظور خطی همانند شکل ۴ از بین نقاط عبور داده شده و خط بارش منطقه ای یا محلی (*Local Meteoric Water Line*) که در شکل با *LMWL* نمایش داده شده، در نواحی غربی زاگرس به صورت معادله زیر ارائه می گردد:

$$\delta D = 8\,\delta^{18}O + 18.6 \qquad (1)$$




شکل ٤: خط بارش منطقه ای برای نواحی زاگرس غربی

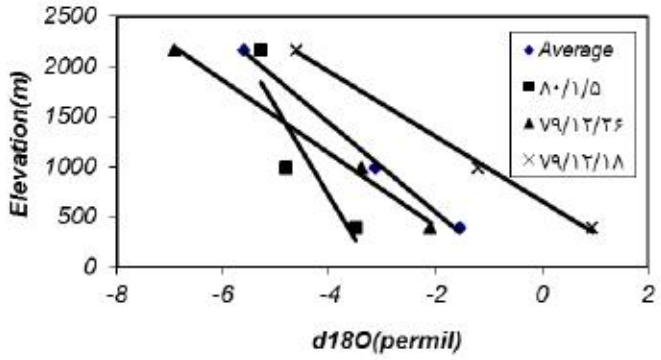


www.SID.ir

Archive of SID

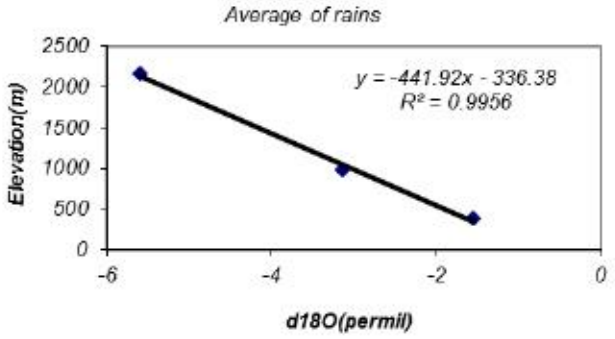


بررسی تغییرات ترکیب ایزوتوپهای اکسیژن ۱۸ و دوتریم در نمونه های آب بارش با ارتفاع در منطقه در بارشهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ها نشان می دهد که ترکیب ایزوتوپی بارش در بارندگی های مختلف با همدیگر فرق داشته (شکل ۵) و در مطالعات بایستی در فصول مختلف نمونه برداری از آب باران صورت گرفته و متوسطی از ترکیب ایزوتوپی بارندگی در بررسی های هیدروژئولوژی مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات در نقاط مختلف دنیا نشان داده است که میزان ترکیب ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ بین ۰/۱ تا ۰/۴۴ در هزار *(Permil)* در هر ۱۰۰ متر تغییر در ارتفاع تغییر می نماید *(Williams and Rodoni, 1997; Leontiadis et al., 1996)*.




شکل ۵: تغییرات ترکیب اکسیژن ۱۸ در نمونه های آب باران در بارشهای مختلف

متوسط ترکیب ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در مقابل ارتفاع در این ناحیه در شکل ۶ به نمایش گذاشته شده و نشان می دهد که به ازای هر ۱۰۰ متر تغییر در ارتفاع در این ناحیه، حدود ۰/۲۲ در هزار *(Permil)* تغییر در ترکیب ایزوتوپی اتفاق می افتد.




شکل ٦: متوسط ترکیب اکسیژن ۱۸ در نمونه های بارش حوضه الوند کرمانشاه (زاگرس غربی)

## نتیجه گیری

در کلیه بررسی های ایزوتوپهای پایدار محیطی در مطالعات هیدروژئولوژی، بایستی ابتدا معادله خط بارش محلی بدست آید و سپس تغییرات ترکیب ایزوتوپها را در چشمه ها مورد مطالعه قرار داد تا بتوان اتفاقاتی که در داخل آبخوان اتفاق افتاده و نواحی ارتفاعی تغذیه کننده چشمه ها را بوسیله ترکیب ایزوتوپی مشخص و برآورد نمود. در منطقه الوند کرمانشاه که در غرب زاگرس واقع گردیده معادله خط بارش منطقه ای



www.SID.ir

Archive of SID



با خط بارش جهانی و مدیترانه ای متفاوت بوده و معادله آن ارائه گردید. همچنین مقدار تغییر ترکیب ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ با ارتفاع حدود ۰/۲۲ در هزار می باشد.

## مراجع

بخش زمین شناسی دانشگاه شیراز (۱۳۸۰) مطالعات نیمه تفصیلی حوضه الوند کرمانشاه، گزارش هواشناسی و هیدرولوژی.

*Abbott, M.D., A. Lini, P.R. Beirman (2000). "$\delta^{18}O$, $\delta D$ and $^{3}H$ measurements constrain groundwater recharge patterns in an upland fractured bedrock aquifer, Vermont, USA", J. of hydrology, Vol. 228, P. 101-112.*

*Clark, I.D., P. Fritz (1997). Environmental isotopes in hydrogeology. Lewis publishers, p. 328.*

*Eisenlohr, T., M. Pifster, W. Balderer (1997). "Environmental isotope study and 2-D modelling of cold and thermal karst within the Gemlik (Bursa) area of Northwestern Turkey", Karst waters and Environmental impacts, Gunnay & Johnson, p. 231-237.*

*Ellins K.K. (1992). "Stable isotope study of the groundwater of the Martha Brae River Basin, Jamaica", Water Resources Research, v. 28, No. 6, p. 1597-1604.*

*James, E.R., M. Manga, T.P. Rose, G.B. Hudson (2000). "The use of temperature and the isotopes of O, H, C, and noble gases to determine the pattern and spatial extent of groundwater flow", Journal of Hydrology, v. 237, p. 100-112.*

*Karimi H (2003) Hydrogeological behavior of Alvand karst aquifers, Kermanshah. PhD. Thesis, University of Shiraz, Iran [in English]*

*Kattan, Z. (1997). "Environmental isotope study of the major karst springs in Damascus limestone aquifer system: case study of the Figeh and Barada springs", J. of Hydrology, V.193, P. 161-182.*

*Leontiadis, I. L., S. Vergis, Th. Christodoulou (1996). "Isotope hydrology study of areas in Eastern Macedonia and Thrace, Northern Greece", J. of Hydrology, v. 182, p. 1-17.*

*Vallejos A., A. Pulido-Bosch, W. Martin-Rosales, M.L. Calvache (1997). "Contribution of environmental isotopes to the understanding of complex hydrologic systems, A case study: Sierra de Gador, SE Spain", Earth Surface Processes and Landforms, v. 22, p. 1157-1168.*

*Yoshimura, K., S. Nakao, M. Noto, Y. Inokura, K. Urata, M. Chen, P.W. Lin (2001). "Geochemical and stable isotope studies on natural water in the Taroko Gorge karst area, Taiwan- chemical weathering of carbonate rocks by deep source CO2 and sulfuric acid", Chemical Geology, v. 177, p. 415-430.*



www.SID.ir