

بودجه گرمایی دریاچه ارومیه

حسام الدین مهرفر^{*۱}

hmehrfar@gmail.com

مسعود ترابی آزاد^۲

امین رئیسی^۳

عبدالرضا ثابت عهد جهرمی^۴

بلال پرتوی^۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۸

چکیده

موضوع بودجه‌ی گرمایی همواره یکی از مهم‌ترین موارد مطالعه‌ی فیزیکی اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها بوده است. هدف از نگارش این مقاله تعیین تغییرات هر یک از پارامترهای مؤثر در توازن بودجه گرمایی دریاچه ارومیه می‌باشد. توازن گرمایی می‌تواند نقش مهمی در فیزیک، هواشناسی و حرکات آب دریاچه‌ی ارومیه داشته باشد. در این مقاله هر یک از جملات بودجه گرمایی توسط روابط تجربی و با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده و ماهواره‌ای شامل (دمای آب و هوا، میزان پوشش ابر، تابش خورشیدی، عرض جغرافیایی، سرعت باد، رطوبت نسبی، فشار بخار اشباع) محاسبه شده و مقادیر آن‌ها (شار گرمای تابش خورشیدی = $8183/42$ ، شار تابش آب = $-2651/47$ ، شار گرمای محسوس = $360/57$ و شار گرمای نهان = $5173/9$ وات بر مترمربع) بدست آمده است. سپس تأثیر هر یک از پارامترهای جوی بر روی جملات بودجه گرمایی مورد بحث و تحلیل قرار گرفته است. درخاتمه مقادیر بدست آمده با اندازه‌های متوسط جهانی مقایسه شده و نتیجه این که تبادل گرمابین هوا و دریا، باد، ورودی رودخانه‌ها و ... می‌تواند جریاناتی را در دریاچه ایجاد کند و سبب انتقال گرما گردد که مقدار آن برابر (فرارفت گرما = $86/05$ - وات بر مترمربع) برآورد شده است. با احتساب این مقادیر گرما مشاهده می‌شود که بین جملات بودجه گرمایی دریاچه توازن خوبی برقرار است.

کلمات کلیدی: بودجه گرمایی، تابش خورشیدی، دریاچه ارومیه، دما.

- ۱- مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، بروجرد، ایران. * (مسئول مکاتبات)
- ۲- دانشیار، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
- ۳- مربی، گروه علوم پایه، آموزشکده فنی سماء وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران.
- ۴- استادیار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم، جهرم، ایران.
- ۵- مربی، گروه علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران.

Heat Budget in Uremieh Lake

Hessamoddin Mehrfar^{1*} (*Corresponding Author*)

hmehrfar@gmail.com

Masoud Torabi Azad²

Amin Raeesi³

Abdolreza Sabet Ahd Jahromi⁴

Balal Partovi⁵

Abstract

The subject of heat budget has always been one of the most important causes of physical studying of the oceans, the seas and the lakes. The purpose of this article is to determine the variation of each effective parameter in the heat balance of Uremieh lake. Heat balance can play an important role in the physics, meteorology and water movement of Uremieh lake. In this article, each heat budget term equation, by means of empirical relations and satellite measured information such as (water and weather temperature, cloud cover, wind speed, relative humidity, and the pressure of solar radiation of filled steam) has calculated and its measures ($Q_{sw}=8183.42$ & $Q_{Lw}=-2651.47$ & $Q_s = 360.57$ & $Q_L = 5173.9$ W/m^2) is obtained later the effective of this atmosphere parameter on heat budget terms is analyzed and discussed. Finally, the measurements obtained are compared with medium worldwide and concluded that the heat exchange among the sea, atmosphere, wind, basin volume, etc. can create processes in the lake and help to heat transmission. Its measure equals ($QV = -86.05$ W/m^2) By obtaining these heat measurements we see that there is a good balance between the lake heat budget terms.

Keywords: Heat Budget, Solar Radiation, Uremieh Lake, Temperature.

1- Lecturer, Young and Elite Research Club, Islamic Azad University, Borujerd, Iran. **(Corresponding Author)*

2 - Associate Professor, Faculty of Marine Science & Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

3- Lecturer, Fundamental Sciences Department, Sama Technical College, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Basic Sciences, Islamic Azad University, Jahrom Branch, Jahrom, Iran.

5- Lecturer, Department of Basic Sciences, Islamic Azad University, Miyaneh Branch, Miyaneh, Iran.

مقدمه

دریاچه‌ی ارومیه بزرگ‌ترین سطح آبی کشور بوده که بین دو استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی قرار دارد. دریاچه‌ی ارومیه بعد از بحر المیت شورترین دریاچه‌ی جهان می‌باشد و از نظر وسعت بیستمین دریاچه‌ی بزرگ جهان است که در شمال غرب ایران بین عرض‌های جغرافیایی $37^{\circ} 9'$ تا $38^{\circ} 12'$ شمالی و طول جغرافیایی $45^{\circ} 6'$ تا $45^{\circ} 54'$ شرقی قرار گرفته است. میانگین طول آن به طور تقریبی ۱۳۵ تا ۱۵۰ کیلومتر و پهنای آن بین ۱۶ الی ۶۳ کیلومتر متغیر است. وسعت دریاچه براساس عکس‌های ماهواره‌ای در سال ۱۹۹۰ معادل ۵۲۶۳ کیلومتر مربع برآورد شده است. مساحت متوسط دریاچه را حدود ۵۵۰۰ کیلومتر مربع تخمین زده‌اند. عمق متوسط این دریاچه ۵/۴ متر و حداکثر عمق آن ۱۳ متر در شمال دریاچه و حجم تقریبی آن ۳۱ میلیارد متر مکعب می‌باشد و از لحاظ تأثیراتی که بر شرایط اقلیمی منطقه می‌گذارد و نیز مسایل اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (۱). از آنجا که دریاها، اقیانوس‌ها و دریاچه‌ها منابع رطوبتی و محل تشکیل سیستم‌های مختلف جوی هستند، ویژگی گرمایی آب و ارتباط متقابل آن با دمای هوا در این امر حایز اهمیت می‌باشد. امروزه در دنیا مطالعات زیادی در مورد نقش دریاها و دریاچه‌ها بر روی مناطق و اکوسیستم‌های مجاور آن‌ها صورت می‌گیرد. انرژی گرمایی در تغییرات دمای آب دریاچه موثر بوده و به تبع آن اکوسیستم منطقه مجاور و فعالیت‌های انسانی اطراف منطقه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. برای استفاده‌ی بهینه از منابع دریایی، حمل و نقل، حفاظت تأسیسات در برابر امواج و بهره‌برداری از انرژی آب داشتن اطلاعات کمی و کیفی از مشخصه‌های پهنه‌ی آبی لازم و ضروری می‌باشد که یکی از پارامترهای مربوط بودجه‌ی گرمایی است. دریاچه‌ی ارومیه به عنوان وسیع‌ترین دریاچه داخلی در کشور محسوب می‌گردد که در زمینه‌ی ذخایر با ارزش آرتیما، خصوصیات محیط زیستی و صنعت توریسم و کشتیرانی دارای پتانسیل بالایی است. برخی از

تحقیقات انجام شده در زمینه بودجه گرمایی عبارتند از: کارا (۱۹۹۹)، ضرایب شار گرمای نهان و محسوس و ضریب درگ را بر حسب سرعت باد و اختلاف دمای هوا- دریا بدست آورده که از دقت بالایی برخوردار بوده و قابل استفاده برای مناطق مختلف می‌باشد. همچنین به مقایسه محاسبه شارهای گرمایی و تنش باد (در دریای عربی) از طریق روابط ریاضی و استفاده از مدل های جوی- اقیانوسی با بکارگیری بویه ها و ماهواره ها پرداخته است که نتیجه بیان گر دقت فرمول ها برای محاسبه بودجه گرمایی می باشد (۲). ناوکی و همکارانش (۱۹۹۶) با استفاده از روابط موجود بودجه گرمایی دریای ژاپن را محاسبه کردند (۳). فان و براون (۲۰۰۳) به بررسی بودجه گرمایی برای خلیج کوچک (بین طول‌های جغرافیایی $71^{\circ} 06'$ و $71^{\circ} 18'$ غربی و عرض‌های جغرافیایی $41^{\circ} 36'$ و $41^{\circ} 48'$ شمالی) پرداختند که در این تحقیق اثر رودخانه ها نیز در نظر گرفته شده است (۴) و موارد مشابه دیگر. در داخل کشور نیز در مورد بودجه گرمایی دریای خزر، یعقوبی (۱۳۸۰) با در نظر گرفتن ویژگی‌های بخش جنوبی دریای خزر درباره این دریا روابط بودجه گرمایی را به کار برده و بعد از محاسبات لازم مربوط به هر یک از پارامترها درصد هر یک از جملات مربوطه را به دست آورده و درخاتمه مقادیر حاصل را با حدود اندازه‌های متوسط جهانی مقایسه نموده و به چگونگی تغییرات و عوامل مؤثر در جملات بودجه گرمایی پرداخته است (۵). همچنین مهرفر (۱۳۸۵) به بررسی بودجه گرمایی خلیج گرگان پرداخته و هر یک از جملات را برای این دریاچه محاسبه نمود (۶). هدف از اجرای این تحقیق تعیین تغییرات هر یک از پارامترهای موثر در توازن بودجه گرمایی دریاچه‌ی ارومیه است. تغییرات تبخیر می‌تواند در ناپایداری ستون حرکت آب موثر باشد. از نتایج این تحقیق می‌توان به حرکات و تغییرات ناشی از تبادل گرمایی بین هوا و دریا در دریاچه‌ی ارومیه پی برد. برای بررسی معادله بودجه گرمایی به آمار و اطلاعات مربوط به دمای هوا، دمای

ارومیه، بناب و بندر شرفخانه که اطلاعات نسبتاً کاملی داشتند برای تحقیق انتخاب شدند. طول و عرض جغرافیایی ایستگاه-های مورد مطالعه و موقعیت آن‌ها نسبت به دریاچه ارومیه به ترتیب در جدول (۱) و شکل (۱) آورده شده است (۸ و ۷).

آب، رطوبت نسبی، پوشش ابر عرض جغرافیایی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نیاز است. اطلاعات اولیه از ادارات کل هواشناسی استان‌های آذربایجان شرقی و غربی تهیه شد. اطلاعات جمع-آوری شده پیوستگی لازم را نداشتند به همین علت ۳ ایستگاه

جدول ۱- معرفی ایستگاه‌های مورد بررسی در اطراف دریاچه ارومیه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
ارومیه	۴۵°، ۵'	۳۷°، ۳۲'	۱۳۱۵/۹
بناب	۴۶°	۳۷°، ۲۱'	۱۲۸۳
بندر شرفخانه	۴۵°، ۲۸'	۳۸°، ۱۱'	۱۲۸۲



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های سطح دریاچه و ایستگاه‌های هواشناسی اطراف دریاچه

روش تحقیق

می‌کند در قطب‌ها این شار می‌تواند از صفر تا ۴۵۰ وات بر متر مربع و در عرض جغرافیایی ۴۰° حدود ۱۵۰ تا ۴۲۰ وات بر متر مربع تغییر کند. ضریب بازتاب یک شی، درصد انرژی بازتابیده شده از سطح آن به مقدار کل انرژی تابشی وارد شده است. مقدار این ضریب ممکن است تغییرات قابل توجهی داشته باشد. به عنوان مثال، ضریب بازتاب سطح دریا می‌تواند از ۳۰ درصد

لبه بیرونی جو زمین مقدار انرژی برابر ثابت خورشیدی ضربدر سطح مقطع عرضی زمین (πR^2) دریافت می‌کند (R شعاع زمین است) با متوسط‌گیری طی ۲۴ ساعت مقدار انرژی توزیع شده در سطح زمین برابر با $4\pi R^2$ می‌شود. بنابراین مقدار متوسط انرژی دریافت شده برابر با ۳۴۰ وات بر متر مربع است. این شار انرژی خورشیدی (Q_{sw}) با زاویه میل خورشید تغییر

$A =$ اسپیدی، $q_c =$ ثابت خورشیدی، $c =$ کسر پوشش ابر، $\theta_n =$ زاویه تابش ظهرگاهی بر حسب درجه، $x = 90 - \theta_n$ و $\delta = \Psi - x$ زاویه میل خورشید و Ψ عرض جغرافیایی بر حسب درجه است. مقدار زاویه میل در اول تیر ماه برابر ۲۳/۵ بوده و همراه بطور میانگین ۷/۵ کاهش می‌یابد تا در اول دی به ۲۳/۵- برسد. برای سه ایستگاه مورد مطالعه بر اساس داده های هواشناسی برای پوشش ابر و زاویه میل خورشید در ماه های مختلف مقادیر Q_{sw} بر اساس جدول ۲ تا ۴ محاسبه گردید.

برای زوایای کوچک خورشید بر روی سطحی صاف و آینه مانند تا فقط ۳ درجه برای حالت تابش مستقیم خورشید از بالای سطح آب تغییر کند. البته سطح دریا به ندرت حالت آینه مانند داشته و مقدار میانگین پذیرش برای ضریب بازتاب از سطح دریا حدود ۶ درصد است. برای محاسبه مقدار شار انرژی خورشیدی (Q_{sw}) بر حسب وات بر مترمربع از رابطه زیر استفاده شده است، زیرا این رابطه برای تمام مناطق آبی کار برد دارد و نیاز به اعمال ضرایب تصحیح ندارد (۹).

$$Q_{sw} = (1-A)q_c (1 - 0.062c + 0.0019\theta_n) \quad (1)$$

جدول ۲- زاویه تابش ظهرگاهی، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش خورشید برای ایستگاه ارومیه

ماه های سال	$\theta_n (^\circ)$	C	$Q_{sw} (W/m^2)$
فروردین	۵۱/۵	۰/۳۷۵	۲۲۴
اردیبهشت	۵۹	۰/۲۵	۲۴۸
خرداد	۶۶/۵	۰	۲۹۵
تیر	۷۴	۰/۱۲۵	۲۶۵
مرداد	۶۶/۵	۰	۲۹۵
شهریور	۵۹	۰/۱۲۵	۲۶۸
مهر	۵۱/۵	۰/۲۵	۲۶۵
آبان	۴۴	۰/۳۷۵	۲۶۰
آذر	۳۶/۵	۰/۵	۲۱۱
دی	۲۹	۰/۵	۲۱۵
بهمن	۳۶/۵	۰/۳۷۵	۲۳۷
اسفند	۴۴	۰/۳۷۵	۲۳۲

جدول ۳- زاویه تابش ظهرگاهی، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش خورشید برای ایستگاه بناب

ماه های سال	$\theta_n (^\circ)$	C	$Q_{sw} (W/m^2)$
فروردین	۵۲/۷	۰/۵	۱۹۷/۲

ادامه جدول ۳- زاویه تابش ظهرگاهی، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش خورشید برای ایستگاه بناب

ماه‌های سال	$\theta_n (^{\circ})$	C	$Q_{sn}(W/m^2)$
اردیبهشت	۶۰/۲	۰/۳۷۵	۲۳۴/۶
خرداد	۶۷/۷	۰	۲۹۵/۸
تیر	۷۵/۲	۰/۱۲۵	۲۶۴
مرداد	۶۷/۶	۰/۱۲۵	۲۶۸
شهریور	۶۰/۲	۰/۱۲۵	۲۷۲
مهر	۵۲/۷	۰/۳۷۵	۲۲۴
آبان	۴۵/۲	۰/۵	۲۰۵
آذر	۳۷/۷	۰/۶۲	۱۸۴
دی	۳۰/۲	۰/۳۷۵	۲۱۵
بهمن	۳۷/۷	۰/۵	۲۱۰
اسفند	۴۵/۲	۰/۵	۲۰۵

جدول ۴- زاویه تابش ظهرگاهی، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش خورشید بندر شرفخانه

ماه‌های سال	$\theta_n (^{\circ})$	C	$Q = w(W/m^2)$
فروردین	۵۰/۸۲	۰/۳۷۵	۲۲۸/۱۲
اردیبهشت	۵۸/۳۲	۰/۲۵	۲۴۹/۶
خرداد	۶۵/۸۲	۰	۲۹۶/۵
تیر	۷۳/۳۲	۰/۱۲۵	۲۶۶/۴
مرداد	۶۵/۸۲	۰	۲۹۶/۵
شهریور	۵۸/۳۲	۰/۱۲۵	۲۷۶
مهر	۵۰/۸۲	۰/۲۵	۲۶۸
آبان	۴۳/۳۲	۰/۳۷۵	۲۳۲
آذر	۳۵/۸۲	۰/۵	۲۱۱/۵
دی	۲۸/۳۲	۰/۵	۲۱۶/۳
بهمن	۳۵/۸۲	۰/۳۷۵	۲۳۷/۸
اسفند	۴۳/۳۲	۰/۳۷۵	۲۳۲/۹

جابه جایی وین هر قدر دمای مطلق بالاتر رود بیشترین طول موج تابشی به سمت مقادیر کوچکتر میل می کند. برای محاسبه ی گرمای تابش سطح آب در طول موج های بلند

هر جسمی که دمای مطلق بزرگتر از صفر دارد، انرژی تابش می نماید که این تابش طبق قانون استفان بولتزمان با توان چهارم دمای مطلق متناسب است و از طرفی طبق قانون

Ta=دمای هوا بر حسب کلوین

(QLW) بر حسب وات بر مترمربع رابطه زیر استفاده شده

c = کسر پوشش ابر

است (۹).

k = ضریب پوشش ابر که مقدار آن از ۰/۵ در استوا تا ۱ در

(۲)

قطب تغییر می کند.

$$Q_{LW} = \varepsilon \delta T_s^4 (0.39 - 0.05e^{\frac{1}{T_s}})(1 - kc^2) + 4\varepsilon \delta T_s^3 (T_a - T_s)$$

در این تحقیق مقدار k باتوجه به عرض جغرافیایی منطقه ،

در رابطه ی بالا: ε = ضریب گسیل مندی برای دریاچه ارومیه

۰/۷ در نظر گرفته شد.

تقریبا ۰/۹۸ می باشد

در جدول های ۵ تا ۷ میزان تابش سطح آب دریاچه ارومیه در

$$\delta = \text{ثابت استفان بولتزمن } (5.67 \times 10^{-8} \text{ w m}^{-2} \text{ k}^{-1})$$

طول موج های بلند (QLW) به طور ماهانه برای سه ایستگاه

e = فشار بخار آب (میلی بار)

مورد مطالعه محاسبه شده است.

Ts=دمای سطح آب بر حسب کلوین

جدول ۵- دمای آب، دمای هوا، رطوبت نسبی، فشار بخار آب، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش آب برای ایستگاه ارومیه

ماه های سال	Ts (K)	Ta (K)	eT (میلی بار)	e (%)	c	QLW (W/m ²)
فروردین	۲۸۸/۵۶	۲۸۴/۳۵	۷/۹۶	۵۵	۰/۳۷۵	-۹۹/۶۷
اردیبهشت	۲۹۳/۴۸	۲۹۱/۷۵	۸/۷۷	۵۰	۰/۲۵	-۹۹/۴۵
خرداد	۲۹۹/۷۱	۲۹۴/۳۵	۹/۱۷	۳۶	۰	-۱۰۲/۵۴
تیر	۳۰۰/۳	۲۹۹/۷۵	۱۲/۰۶	۴۱	۰/۱۲۵	-۹۸/۴۶
مرداد	۳۰۰/۲۵	۳۰۶/۹۵	۱۱/۵۹	۳۸	۰	+۱۰۱/۱۴
شهریور	۳۰۰/۶	۳۰۲/۷۵	۸/۹۴	۳۹	۰/۱۲۵	+۹۹/۱۱
مهر	۲۸۳/۴۵	۲۸۰/۹۵	۷/۵۶	۵۳	۰/۲۵	-۱۰۶/۶
آبان	۲۸۵/۴۵	۲۸۵/۱۵	۵/۹۶	۶۷	۰/۳۷۵	-۶۲/۸
آذر	۲۷۷/۶	۲۸۰/۵۵	۵/۳۷	۷۳	۰/۵	+۱۰۰/۱۴
دی	۲۷۷/۹۹	۲۸۱/۹۵	۴/۳۹	۷۶	۰/۵	+۹۸/۵۰
بهمن	۲۷۶/۴۵	۲۸۰/۱۵	۴/۵	۶۴	۰/۳۷۵	+۱۰۶/۶
اسفند	۲۷۹/۹۵	۲۸۲/۶۴	۶/۱۳	۵۶	۰/۳۷۵	+۱۰۴/۹۷

جدول ۶- دمای آب، دمای هوا، رطوبت نسبی، فشار بخار آب، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش آب برای ایستگاه بناب

ماه های سال	Ts (K)	Ta (K)	eT (میلی بار)	e (%)	c	QLW (W/m ²)
فروردین	۲۹۱/۰۶	۲۸۸/۵	۷/۶۹	۴۵	۰/۵	-۱۰۱/۹۴

ادامه جدول ۶- دمای آب، دمای هوا، رطوبت نسبی، فشار بخار آب، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش آب برای ایستگاه بناب

ماه‌های سال	T_s (K)	T_a (K)	e_T (میلی بار)	e (%)	c	$Q_{LW} (W/m^2)$
اردیبهشت	۲۹۵/۴۵	۲۹۲/۸۲	۸/۵۱	۳۹	۰/۳۷۵	-۱۰۱/۸۹
خرداد	۲۹۹/۶۸	۳۰۰/۳۵	۱۱/۰۸	۳۴	۰	+۱۰۳/۴۶
تیر	۳۰۰/۴۹	۳۰۳/۳۵	۱۲/۳۴	۳۴	۰/۱۲۵	+۹۸/۹۴
مرداد	۳۰۱/۰۲	۳۰۴/۵۵	۱۲/۰۸	۳۱	۰/۱۲۵	+۹۹/۵۴
شهریور	۳۰۰/۳	۳۰۳/۵۵	۸/۱۶	۲۹	۰/۱۲۵	+۱۰۳/۸۶
مهر	۲۸۳/۰۹	۲۸۹/۹۵	۷/۴۲	۴۱	۰/۳۷۵	+۱۱۰/۵۰
آبان	۲۸۴/۹۱	۲۸۳/۱۵	۶/۵۲	۶۱	۰/۵	-۹۹/۷۵
آذر	۲۷۶/۸۹	۲۸۱/۷۵	۶/۲۷	۶۹	۰/۶۲۵	+۱۰۵/۸
دی	۲۷۹/۰۸	۲۸۲/۱۵	۴/۷۴	۷۱	۰/۳۷۵	+۱۰۰
بهمن	۲۷۸/۷۲	۲۸۰/۳۵	۴/۵۵	۵۵	۰/۵	+۱۰۶/۶
اسفند	۲۸۱/۶۳	۲۸۳/۳۵	۶/۲۹	۴۸	۰/۵	+۱۰۶/۸

جدول ۷- دمای آب، دمای هوا، رطوبت نسبی، فشار بخار آب، کسر پوشش ابر، شار گرمای تابش آب برای ایستگاه

بندر شرف‌خانه

ماه‌های سال	T_s (K)	T_a (K)	e_T (میلی بار)	e (%)	c	$Q_{LW} (W/m^2)$
فروردین	۲۸۹/۶۵	۲۸۹/۱۵	۶/۲	۴۶	۰/۵	-۱۰۰/۰۷
اردیبهشت	۲۹۴/۰۳	۲۹۱/۹۵	۸/۲	۴۱	۰/۵	-۱۰۰/۸
خرداد	۲۹۹/۸	۲۹۷/۷۵	۱۰/۷	۳۶	۰/۱۲۵	-۱۰۱/۱۲
تیر	۳۰۰/۱۸	۳۰۱/۳۵	۱۱/۲	۳۵	۰	+۱۰۲/۵۸
مرداد	۳۰۰/۹۴	۳۰۴/۵۵	۱۱/۹	۳۴	۰/۱۲۵	+۱۰۹/۶۵
شهریور	۳۰۰/۳	۳۰۱/۳۵	۷/۱۶	۴۰	۰/۱۲۵	+۹۸/۱۹
مهر	۲۸۴/۷۴	۲۸۳/۰۵	۷/۲۶	۳۹	۰/۳۷۵	-۱۱۰
آبان	۲۸۵/۳۷	۲۸۴/۱۵	۷/۵	۴۰	۰/۵	-۱۰۷/۴۷
آذر	۲۷۷/۹۹	۲۷۹/۹۹	۶/۲	۴۶	۰/۶۲۵	+۱۰۶/۹۵
دی	۲۷۷/۲۹	۲۷۹/۱۵	۴/۵	۷۱	۰/۲۵	+۱۰۱/۶۷
بهمن	۲۷۶/۰۳	۲۸۴/۱۵	۴/۲۵	۷۰	۰/۵	+۹۹/۵
اسفند	۲۸۰/۵۴	۲۸۱/۱۵	۵/۸	۶۲	۰/۵	+۱۰۱/۷

عموماً دمای سطح دریا بزرگ‌تر از دمای هوا است. بنابراین گرما معمولاً از دریا به هوا شارش دارد. و جمله Q_s منفی

جمله‌ی مهم دیگر در معادله بودجه‌ی گرمایی مربوط به هدایت گرمایی است، که بین دریا و جو صورت می‌گیرد.

V_{10} = سرعت وزش باد بر حسب متر بر ثانیه در سطح مرجع

۱۰ متر

T_s = دمای سطح آب بر حسب درجه سلسیوس

T_a = دمای هوا در ۱۰ متری بالای سطح دریا بر حسب درجه

سلسیوس

در جدول های ۸ تا ۱۰ میزان تابش شار گرمای محسوس (Q_s)

به طور ماهانه برای سه ایستگاه مورد مطالعه محاسبه شده

است.

می شود. برای محاسبه ی شار گرمای محسوس (Q_s) بر حسب

وات بر مترمربع از رابطه ی زیر استفاده می شود

(۱۱، ۹، ۶، ۴، ۳، ۲).

$$Q_s = \rho C_p C_s V_{10} (T_a - T_s) \quad (3)$$

در این رابطه: $\rho = 1/3 \text{ kg/m}^3$ = چگالی هوا

$C_p = 1.3 \text{ j/kg.k}$ = ظرفیت گرمایی ویژه ی هوا

$C_s = 9 \times 10^{-4}$ = ضریب انتقال گرمای محسوس

جدول ۸- دمای هوا، دمای آب، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین، شار گرمای محسوس برای ایستگاه ارومیه

ماه های سال	T_a (K)	T_s (K)	$V(\frac{m}{s})$	$Q_s (W/m^2)$
فروردین	۲۸۴/۳۵	۲۸۸/۵۶	۴	-۲۳/۴۱
اردیبهشت	۲۹۱/۷۵	۲۹۳/۴۸	۴	-۹/۶۲
خرداد	۲۹۴/۳۵	۲۹۹/۷۱	۱	-۷/۴۵
تیر	۲۹۹/۷۵	۳۰۰/۳	۶	-۴/۵۸
مرداد	۳۰۶/۹۵	۳۰۰/۲۵	۴	+۳۷/۲۶
شهریور	۳۰۲/۷۵	۳۰۰/۶	۴	+۴۸/۶۶
مهر	۲۸۰/۹۵	۲۸۳/۴۵	۱	-۳/۴۷
آبان	۲۸۵/۱۵	۲۸۵/۴۵	۱۰	-۴/۱۷
آذر	۲۸۰/۵۵	۲۷۷/۶	۱	+۴/۱۰
دی	۲۸۱/۹۵	۲۷۷/۹۹	۸	+۲۲/۰۲
بهمن	۲۷۹/۱۵	۲۷۶/۴۵	۴	+۲۰/۵۷
اسفند	۲۸۲/۶۴	۲۷۹/۹۵	۴	+۱۴/۹۶

جدول ۹- دمای هوا، دمای آب، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین، شار گرمای محسوس برای ایستگاه بناب

ماه های سال	T_a (K)	T_s (K)	$V(\frac{m}{s})$	$Q_s (W/m^2)$
فروردین	۲۹۱/۰۶	۲۸۷/۵	۴	-۱۹/۸
اردیبهشت	۲۹۵/۴۹	۲۹۲/۸۲	۸	-۲۹/۷

ادامه جدول ۹- دمای هوا، دمای آب، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین، شار گرمای محسوس برای ایستگاه بناب

ماه‌های سال	T_a (K)	T_s (K)	$V(\frac{m}{s})$	$Q_s(W/m^2)$
خرداد	۲۹۹/۶۸	۳۰۰/۳۵	۴	+۳/۷۲
تیر	۳۰۰/۴۹	۳۰۳/۳۵	۴	+۱۵/۹۰
مرداد	۳۰۱/۰۲	۳۰۵/۲۵	۱۸	-۸۸/۳۵
شهریور	۳۰۰/۳	۳۰۰/۵۵	۴	-۱۸/۰۷
مهر	۲۸۳/۰۹	۲۸۵/۹۵	۴	+۱۵/۹۰
آبان	۲۸۴/۹۱	۲۸۳/۱۵	۲	-۴/۸۴
آذر	۲۷۶/۸۹	۲۸۱/۷۵	۱	+۶/۷۵
دی	۲۷۹/۱۵	۲۸۲/۱۵	۱/۵	+۶/۴
بهمن	۲۷۸/۷۲	۲۸۰/۳۵	۶	+۱۳/۵۹
اسفند	۲۸۱/۶۳	۲۸۳/۳۵	۲	+۴/۸

جدول ۱۰- دمای هوا، دمای آب، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین، شارگرمای محسوس برای ایستگاه بندر شرفخانه

ماه‌های سال	T_a (K)	T_s (K)	$V(\frac{m}{s})$	$Q_s(W/m^2)$
فروردین	۲۸۹/۶۵	۲۸۹/۱۵	۲	-۲۷/۸۱
اردیبهشت	۲۹۴/۰۳	۲۹۱/۹۵	۳	-۲۶/۰۳
خرداد	۲۹۹/۸	۲۹۷/۷۵	۵	-۷۱/۲۶۳
تیر	۳۰۰/۱۸	۳۰۱/۳۵	۷	+۷۹/۷۱
مرداد	۳۰۰/۹۴	۳۰۴/۵۵	۲/۷	+۳۶/۵۹
شهریور	۳۰۰/۳	۳۰۱/۳۵	۱/۷	+۴/۲۲
مهر	۲۸۴/۷۴	۲۸۳/۰۵	۰/۶	-۱/۸۴
آبان	۲۸۵/۳۷	۲۸۴/۱۵	۵	-۴۲/۴۱
آذر	۲۷۷/۹۹	۲۷۹/۱۵	۳	+۱۴/۵۱
دی	۲۷۷/۲۹	۲۷۹/۱۵	۳	+۲۳/۲۷
بهمن	۲۷۶/۵۳	۲۸۴/۱۵	۲	+۴۲/۵۴
اسفند	۲۸۰/۵۴	۲۸۱/۱۵	۵	+۲۱/۲۰

است می‌توانند بخار شوند. خارج شدن این مولکول‌ها با انرژی زیاد سبب کاهش انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های آب دریا می‌شود و در نتیجه دمای آب دریا کم می‌شود برای محاسبه‌ی

فرآیند تبخیر یک عمل گرماگیر است. و انرژی گرفته شده توسط آب دریا برای توانا ساختن مولکول‌های آب در گریز از سطح است. فقط مولکول‌هایی با انرژی زیاد که انرژی جنبشی آن‌ها برای غلبه بر نیروی چسبندگی مولکول‌های آب دریا کافی

$$q_s = 0.98 q_{Ts} \quad (۷)$$

q_T = نسبت اختلاط بخار آب توسط هوا و سطح دریا در

ارتفاع ۱۰ متر q_s = رطوبت ویژه در سطح دریا $(g\ kg^{-1})$

q_a = رطوبت ویژه هوا در ارتفاع ۱۰ متری زمین $(g\ kg^{-1})$

e_T = فشار بخار اشباع بر حسب میلی بار

R_H = رطوبت نسبی بر حسب درصد

T_s = دمای سطحی آب بر حسب درجه سلسیوس

T_a = دمای هوا بر حسب درجه سلسیوس

در جدول های ۱۱ تا ۱۳ میزان تابش شار گرمای نهان (Q_L) به طور ماهانه برای سه ایستگاه مورد مطالعه محاسبه شده است.

شار گرمای نهان (Q_L) بر حسب وات بر مترمربع از رابطه‌ی زیر استفاده شده است (۲،۳،۴،۶،۹،۱۰).

$$Q_L = \rho L_E C_L V_{10} (q_a - q_s) \quad (۴)$$

در رابطه‌ی بالا: $\rho = 1/3\ kg/m^3$ = چگالی هوا،

$L_E = 2/5 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$ = گرمای نهان تبخیر،

$C_L = 1/35 \times 10^{-3}$ = ضریب انتقال گرمای نهان (بدون بعد)،

V_{10} = سرعت وزش باد بر حسب متر بر ثانیه در سطح مرجع ۱۰ متر

q_s و q_a از روابط زیر محاسبه می‌گردند که در آن e_T فشار بخار اشباع و R_H رطوبت نسبی می‌باشد:

$$q_T = \frac{0.62 e_T}{T_a - 0.387 e_T} \quad (۵)$$

$$q_a = R_H - q_{Ta} \quad (۶)$$

جدول ۱۱- دمای آب، دمای هوا، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین رطوبت ویژه در سطح دریا، رطوبت ویژه هوا در ارتفاع

۱۰ متری زمین، شار گرمای نهان برای ایستگاه ارومیه

ماه‌های سال	T_s (K)	T_a (K)	$V(m/s)$	q_s	q_a	Q_L
فروردین	۲۸۸/۵۶	۲۸۴/۲۵	۴	۰/۰۱۶۹	۰/۰۰۹۶	-۱۰۱/۶۶
اردیبهشت	۲۹۳/۴۸	۲۹۱/۷۵	۳	۰/۰۱۸۳	۰/۰۰۹۴	-۱۳۵/۱۶
خرداد	۲۹۹/۷۱	۲۹۴/۳۵	۱	۰/۰۱۸۰	۰/۰۰۷۰	-۵۵/۶۸
تیر	۳۰۰/۳	۲۹۹/۷۵	۶	۰/۰۲۴۷	۰/۰۱۰۵	-۲۸۷/۵۵
مرداد	۳۰۰/۲۵	۳۰۶/۹۵	۴	۰/۰۲۳۸	۰/۰۰۹۰	-۲۹۹/۷
شهریور	۳۰۰/۶	۳۰۲/۷۵	۴	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۱۳	-۲۵۶/۶۶
مهر	۲۸۳/۴۵	۲۸۰/۹۵	۱	۰/۰۱۶۳	۰/۰۰۸۹	-۳۷/۴۶۲
آبان	۲۸۵/۴۵	۲۸۵/۱۵	۱۰	۰/۰۱۲۷	۰/۰۰۸۷	-۲۰۲/۵
آذر	۲۷۷/۶	۲۸۰/۵۵	۱	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۸۷	-۴۷/۰۸
دی	۲۷۷/۹۹	۲۸۱/۹۵	۸	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۷۴	-۸۹/۱
بهمن	۲۷۶/۴۵	۲۸۰/۱۸	۴	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۶۴	-۷۰/۸۷
اسفند	۲۷۹/۹۵	۲۸۲/۶۴	۴	۰/۰۱۳۴	۰/۰۰۷۵	-۱۱۹/۴۷۵

جدول ۱۲- دمای آب، دمای هوا، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین رطوبت ویژه در سطح دریا، رطوبت ویژه هوا در ارتفاع

۱۰ متری زمین، شار گرمای نهان برای ایستگاه بناب

ماه‌های سال	T_s (K)	T_a (K)	$V(m/s)$	q_s	q_a	Q_L
فروردین	۲۹۱/۰۶	۲۸۷/۵	۴	۰/۰۱۶۲	۰/۰۰۷۵	-۱۴۶/۱۷
اردیبهشت	۲۹۵/۴۹	۲۹۲/۸۲	۳	۰/۰۱۷۶	۰/۰۰۷۱	-۱۵۹/۲۵
خرداد	۲۹۹/۶۸	۳۰۰/۳۵	۴	۰/۰۲۲۷	۰/۰۰۷۸	-۳۰۱/۷۲
تیر	۳۰۰/۴۹	۳۰۳/۳۵	۴	۰/۰۲۵۳	۰/۰۰۸۷	-۳۳۶/۱۵
مرداد	۳۰۱/۰۲	۳۰۴/۵۵	۵	۰/۰۲۴۷	۰/۰۰۷۷	-۴۳۰/۳
شهریور	۳۰۰/۳	۳۰۳/۵۵	۴	۰/۰۱۶۶	۰/۰۰۴۸	-۲۳۸/۹۵
مهر	۲۸۳/۰۹	۲۸۵/۹۵	۴	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۶۶	-۱۹۰/۳۵
آبان	۲۸۴/۹۱	۲۸۳/۱۵	۲	۰/۰۱۴۱	۰/۰۰۸۷	-۵۴/۶۷
آذر	۲۷۶/۸۹	۲۸۱/۷۵	۱	۰/۰۱۳۸	۰/۰۰۹۶	-۴۳/۲۶
دی	۲۷۹/۰۸	۲۸۲/۱۵	۱/۵	۰/۰۱۰۳	۰/۰۰۷۴	-۱۰/۸۷
بهمن	۲۷۸/۷۲	۲۸۰/۳۵	۶	۰/۰۱۰۰	۰/۰۰۵۵	-۱۵
اسفند	۲۸۱/۶۳	۲۸۳/۳۵	۲	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۶۶	-۵۶/۷

جدول ۱۳- دمای آب، دمای هوا، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین رطوبت ویژه در سطح دریا، رطوبت ویژه هوا در ارتفاع

۱۰ متری زمین، شار گرمای نهان برای ایستگاه بندر شرف‌خانه

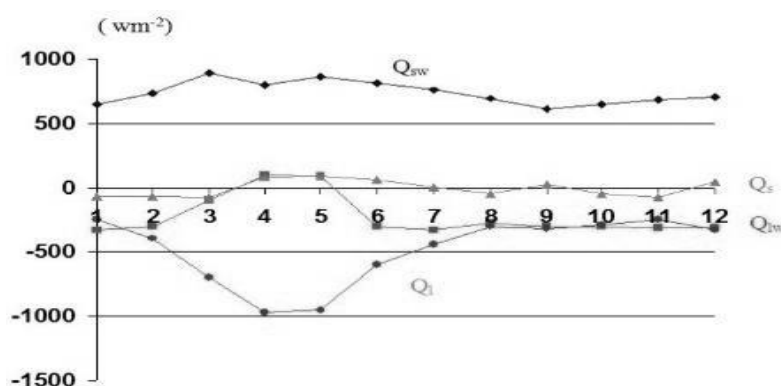
ماه‌های سال	T_s (K)	T_a (K)	$V(m/s)$	q_s	q_a	Q_L
فروردین	۲۸۹/۶۵	۲۸۹/۱۵	۲	۰/۰۱۵۸	۰/۰۰۷۴	-۸۵/۰۸
اردیبهشت	۲۹۴/۰۳	۲۹۱/۹۵	۳/۲	۰/۰۱۶۲	۰/۰۰۷۰	-۱۰۱/۷۲
خرداد	۲۹۹/۸	۲۹۷/۷۵	۵	۰/۰۲۱۵	۰/۰۰۷۹	-۳۴۴/۲۵
تیر	۳۰۰/۱۸	۳۰۱/۳۵	۷	۰/۰۲۴۱	۰/۰۰۸۱	-۲۲۶/۸
مرداد	۳۰۰/۹۴	۳۰۴/۵۵	۲/۷	۰/۰۲۳۶	۰/۰۰۷۳	-۲۲۲/۸
شهریور	۳۰۰/۳	۳۰۱/۳۵	۱/۷	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۶۶	-۹۹/۸۳
مهر	۲۸۶/۷۴	۲۸۳/۰۵	۰/۶	۰/۰۱۵۸	۰/۰۰۵۴	-۳۱/۵۹
آبان	۲۸۵/۳۷	۲۸۴/۱۵	۵	۰/۰۱۳۷	۰/۰۰۷۶	-۴۲/۵۱
آذر	۲۷۷/۹۹	۲۷۹/۱۵	۳	۰/۰۱۲۹	۰/۰۰۸۴	-۶۸/۳
دی	۲۷۷/۲۹	۲۷۹/۱۵	۳	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۷۵	-۱۴/۶۸
بهمن	۲۷۶/۵۳	۲۸۴/۱۵	۲	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۵۳	-۱۰۷/۳۲
اسفند	۲۸۰/۵۴	۲۸۱/۱۵	۵	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۶۹	-۱۴۹/۳

جدول (۱۴) و شکل (۲) آورده شده است.

میانگین ماهانه شارهای گرمایی و مجموع آن به ترتیب در

جدول ۱۴- مجموع گرماهای مربوط به سه ایستگاه

ماه‌های سال	مجموع Q_{SW} در ایستگاه‌ها (w/m^2)	مجموع Q_{LW} در ایستگاه‌ها (w/m^2)	مجموع Q_S در ایستگاه‌ها (w/m^2)	مجموع Q_L در ایستگاه‌ها (w/m^2)	Q_T (w/m^2)
فروردین	۶۴۹/۳۲	-۳۳۲/۸۸	-۷۱/۰۲	-۲۴۹	-۳/۵۸
اردیبهشت	۷۳۲/۲	-۳۰۲/۱۴	-۶۵/۳۵	-۳۹۶/۱۳	-۳۱/۴۱
خرداد	۸۸۷/۵	-۱۰۰/۱۲	-۷۴/۹۹	-۷۰۱/۶۵	+۱۰/۷۳
تیر	۷۹۵/۴	+۹۴/۸۲	+۸۱/۰۳	-۹۶۷/۹۵	+۳/۳
مرداد	۸۵۹/۵	+۹۱/۰۳	+۸۹/۵	-۹۵۲/۸	+۸۷/۲۳
شهریور	۸۱۶	-۳۰۱/۱۴	+۶۲/۵۱	-۵۹۵/۴۴	-۱۸/۰۷
مهر	۷۵۷	-۳۲۷/۱	+۱۰/۰۶	-۴۳۸/۷۵	۱/۲۱
آبان	۶۹۷	-۲۷۰/۰۲	-۵۱/۴۲	-۲۹۹/۶۸	-۷۵/۸
آذر	۶۰۶/۵	-۳۰۲/۸	+۲۵/۳۶	-۳۱۶/۶۴	۱۲/۴۲
دی	۶۴۶/۳	-۳۰۰/۷	-۵۱/۶۹	-۲۸۸/۶۵	۶۵/۲۶
بهمن	۶۸۴/۸	-۳۱۲/۲۶	-۷۶/۶۱	-۲۴۱/۷۹	۵۴/۱۴
اسفند	۶۹۹/۹	-۳۱۳/۴۷	+۴۰/۹۶	-۳۲۵/۴۷	-۲۰
جمع سالانه	۸۳۸۱/۴۲	-۲۶۵۱/۴۷	۳۶۰/۵۷	۵۱۷۳/۹	۸۶/۰۵



شکل ۲- میانگین انتقال گرما به دریاچه از طریق Q_{sw} و اتلاف توسط تابش موج بلند Q_{LW} ، شار گرمای محسوس Q_s و شار

گرمای نهان Q_L برحسب ماه‌های سال

بحث و نتیجه گیری

وجود ابر، زاویه تابش خورشید، مقدار ثابت خورشیدی و سپیدایی لحاظ شده است. با توجه به این که عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه با تقریب خوبی یکسان است، مقدار Q_{sw} در ماه‌های گرم سال دارای حداکثر مقدار می‌باشد زیرا در این ماه‌ها زاویه تابش خورشید دارای بیشترین مقدار است. افزایش Q_{sw} باعث افزایش بخار آب در هوا، کاهش جذب

در فرآیند تابش انرژی خورشیدی و عبور آن از جو زمین بخشی از آن به فضای بیرون به علت اختلاف ضریب شکست بین جو و خلاء اطراف آن بازتابیده می‌شود، بخشی نیز توسط جو جذب و بخشی هم پراکنده می‌گردد. مقدار کمی نیز صرف واکنش‌های شیمیایی و در لایه‌های بالایی جو منجر به تولید ازن می‌شود. در رابطه‌ای که برای محاسبه Q_{sw} استفاده شد عواملی چون

ماه‌های مرداد و شهریور دمای هوا از دمای آب بیش‌تر شده مقدار Q_S مثبت می‌گردد یعنی انتقال گرما از هوا به آب می‌باشد. دوباره در مهر و آبان دمای آب بیش‌تر از دمای هوا شده باز مقدار Q_S منفی می‌شود. در ماه‌های آذر تا اسفند به علت بیش‌تر بودن دمای هوا از دمای آب مقدار Q_S مثبت می‌شود. عموماً در تابستان با یک پایداری نسبی وضعیت هوا مواجه می‌شویم و سرعت باد نیز تغییرات محسوسی ندارد، به علت تابش عمودی خورشید دمای هوا زیاد شده و به علت افزایش ساعات روز نسبت به شب و گرمای ویژه آب که در مقایسه با گرمای ویژه ساحل بسیار بالا است، در طی شب گرما به ساحل منتقل شده و دمای آب پایین می‌آید و در روز در اثر تابش، هوای بالای سطح آب گرم‌تر از سطح آب می‌شود و جمله Q_S مثبت می‌گردد. با گذشت فصل گرما سرعت بادها به تدریج زیاد شده، مدت روزها کاهش یافته بنابراین گرما مدت طولانی‌تری در آب می‌ماند و با کوتاه شدن طول روز آب فرصت دارد که گرما را در مدت طولانی‌تر ذخیره کند، پس دمای آب بیش‌تر از دمای هوا می‌شود. جمله‌ی مربوطه به تبخیر (Q_L) برای سه ایستگاه ارومیه، بناب و بندر شرف‌خانه منفی می‌باشد که بیان‌گر اتلاف گرما به محیط در اثر این فرآیند می‌باشد. اگر عکس عمل تبخیر روی دهد فرآیند تراکم صورت می‌گیرد، این فرآیند هنگامی اتفاق می‌افتد که هوای مجاور سطح آب گرم باشد و مقداری از انرژی جنبشی مولکول‌های خود را به دریا منتقل نماید. شار گرمای نهان به دو عامل سرعت باد و اختلاف رطوبت ویژه بین سطح آب و هوا بستگی دارد. برای ایستگاه ارومیه در ماه‌های خرداد، مهر و آذر Q_L حداقل مقدار در ماه‌های تیر و شهریور به علت زیاد بودن سرعت باد و بیش‌تر بودن اختلاف ($q_a - q_s$)، دارای بیش‌ترین مقدار می‌باشد. برای ایستگاه بناب در دی ماه مقدار Q_L به حداقل رسیده و در ماه مرداد دارای بیش‌ترین مقدار است. برای ایستگاه بندر شرف‌خانه مقدار Q_L در دی ماه به حداقل رسیده و در ماه خرداد دارای بیشترین مقدار است.

معادله‌ی $Q_T = Q_{SW} + Q_{LW} + Q_S + Q_L + Q_V$ یک رابطه‌ی کلی بوده و برای هر مکان و یا هر زمانی دقیقاً با

انرژی خورشیدی توسط سطح آب می‌شود. در ماه‌های سرد سال به علت مایل تابیدن خورشید به نیمکره‌ی شمالی و افزایش پوشش ابر مقدار بیش‌تری از انرژی توسط ابرها جذب می‌گردد بنابراین مقدار Q_{SW} در این ماه‌ها کاهش می‌یابد. مقدار Q_{LW} بستگی به بخار آب و میزان ابر دارد یعنی عامل کنترل‌کننده فقط دمای سطح آب نیست بلکه مقدار بخار آب موجود در اتمسفر نیز مهم است. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت مقدار Q_{LW} برای هر سه ایستگاه تقریباً یکسان می‌باشد و چون دمای سطح آب از دمای هوا بیش‌تر است بنابراین آب گرما از دست داده و مقدار آن منفی می‌شود. در ماه‌های تیر و مرداد دمای سطح آب از دمای هوا کمتر بوده و مقدار فشار بخار نیز به حداکثر خود می‌رسد در نتیجه در ایستگاه‌های مورد مطالعه مقدار Q_{LW} مثبت می‌گردد. اما در ماه‌های مهر و آبان دوباره دمای سطح آب بیش‌تر از دمای هوا گردیده و باز مقدار Q_{LW} منفی می‌گردد. از فروردین تا مرداد از میزان پوشش ابر کاسته شده و بر مقدار فشار بخار آب اضافه می‌شود، رطوبت نسبی نیز کاهش می‌یابد و دمای آب و هوا هر دو افزایش می‌یابد. بنابراین تابش از اتمسفر به سوی دریا زیاد شده و حتی می‌تواند بزرگ‌تر از تابش دریا شود. به طوری که در ماه‌های گرم سال مقدار Q_{LW} مثبت می‌شود یعنی سطح دریاچه به طور خالص گرما را جذب می‌کند. از مهر ماه بر میزان پوشش ابر اضافه شده مقدار فشار بخار آب کاهش یافته و بر رطوبت نسبی اضافه می‌گردد. به طور کلی بالا بودن دمای سطح آب باعث افزایش بخار آب در هوا شده پس تابش در اتمسفر به سوی دریا زیاد می‌شود، حتی می‌تواند این تابش بزرگ‌تر از تابش دریا شود. علامت Q_S مربوط به اختلاف دمای هوا و سطح دریا است اگر دمای هوا بیشتر از دمای سطح آب باشد مقدار Q_S مثبت است و زمانی که مقدار دمای سطح آب بیش‌تر از دمای هوا باشد علامت Q_S منفی می‌گردد. باد باعث جابه‌جایی هوا شده و تعادل گرمایی بین سطوح نزدیک به هم آب و هوا را به هم می‌زند. در ایستگاه ارومیه در ماه‌های فروردین تا تیر دمای آب از دمای هوا بیش‌تر است بنابراین مقدار Q_S منفی می‌شود و در

دریاچه ارومیه که ۲۱۰ الی ۲۸۰ گرم بر کیلوگرم بعضی مواقع محاسبه گردیده دارای اختلاف زیادی می‌باشد. در مورد آب‌های شور حداکثر چگالی زمانی روی می‌دهد که دمای سطحی آب در حد نقطه انجماد باشد و این دما برای آب‌های شور مقدار ثابتی نیست بلکه با میزان شوری نسبت عکس دارد. اما اگر در مجموع آب‌های بستر دریاچه دمای بالاتری نسبت به آب‌های سطحی داشته باشند می‌تواند اختلاط صورت گیرد. این پدیده در فصل سرد سال بیش‌تر اتفاق می‌افتد زیرا آب‌های سطحی با سرعت سرد می‌شوند.

بحث و نتیجه گیری

۱- میزان انرژی گرمایی که به دریاچه می‌رسد برابر $\frac{W}{m^2}$ می‌باشد (مجموع سه ایستگاه ارومیه، بناب و بندر شرف‌خانه) که به عرض جغرافیایی، فصل، روز و شب و مقدار ابر بستگی دارد. مجموع انرژی گرمایی رسیده به دریاچه در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور بیش‌تر از سایر ماه‌ها است. و در آذر ماه این مقدار نسبت به ماه‌های دیگر سال به حداقل خود رسیده است.

۲- میزان انرژی گرمایی تابش شده توسط آب دریاچه (Q_{iw}) به دمای سطح آب، پوشش برف و یخ در سطح آب، مقدار آب موجود در اتمسفر، کسر پوشش ابر بستگی دارد نسبت $\left(\frac{Q_{iw}}{Q_{sw}}\right) = \frac{2651/47}{8381/42}$ در مقیاس جهانی ۴۰٪ می‌باشد که این مقدار برای دریاچه ارومیه در این محاسبات ۳۲٪ به دست آمد.

۳- شار گرمای مخصوص (Q_s) در درجه اول تحت تأثیر باد و اختلاف دمای هوا - دریا قرار دارد. بادهای شدید و اختلاف دمای زیاد سبب شار زیاد گرما می‌گردد. مجموع Q_s برای سه ایستگاه ارومیه، بناب و بندر شرف‌خانه برابر ۳۶۰/۵۷-

می‌باشد و نسبت $\left(\frac{Q_s}{Q_{sw}}\right) = \frac{360/57}{8381/42}$ برابر ۵٪ به دست

می‌آید که در مقیاس جهانی این مقدار ۱۴٪ می‌باشد

این جملات به کار نمی‌رود. در مناطق حاره‌ای اقیانوس‌ها بیش‌تر گرما دریافت می‌کنند. و در مناطق قطبی و عرض‌های جغرافیایی بالا گرما را به اتمسفر می‌دهند. در نهایت چرخش آب اقیانوس‌ها و اتمسفر، گرما از دست داده یا بدست آورده است. در رابطه‌ی بالا Q_T گرمایی است که بر سطح دریا یا دریاچه اضافه می‌شود و یا از آن کاسته می‌شود. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، شهریور و آبان مقدار Q_T منفی بوده یعنی دریاچه گرما از دست داده است. اما در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، مهر، آذر، دی، بهمن مقدار Q_T مثبت بوده یعنی در مجموع دریاچه گرما بدست آورده است.

بطور کلی انتقال هر نوع ویژگی توسط جریانات (Q_v) با واژه فرارفت (advection) بیان می‌شود. بخشی از گرمای دریاچه توسط جریان‌ها جابجا می‌گردد. در مورد الگوی جریانات لازم به ذکر است که سه پارامتر اصلی در پیدایش جریانات می‌تواند موثر باشد که عبارتند از: ۱- عامل باد ۲- ورودی رودخانه‌ها ۳- عامل دما

از آنجایی که دبی ورودی رودها در دو فصل زمستان و پاییز به حداکثر خود می‌رسد. تغییراتی در جریانات در قسمت جنوبی دیده می‌شود. البته باید توجه داشت که نحوه شکل‌گیری مسیر جریان، باد و سیستم‌های فشاری حاکم بر منطقه و نیز شکل سواحل و توپوگرافی بستر می‌تواند تأثیرگذار باشد، از طرفی ورودی رودخانه‌ها نیز تأثیر مهمی در کاهش دما در ایستگاه‌های مجاور ورودی رودخانه‌ها دارند. با توجه به موقعیت جغرافیایی دریاچه که در عرض‌های بالای جغرافیایی و در ارتفاع حدود ۱۲۷۵ متری واقع است. در ماه سرد سال میزان تأثیر گذاری تابش دریافتی از خورشید بر تعادل دمایی سطح آب دریاچه ناچیز است، و عامل عمده و تأثیر گذار بر دمای سطحی آب دریاچه ورودی رودخانه‌ها و چشمه‌ها محسوب می‌شوند. هر چه میزان شوری آب زیاد باشد همراه با افزایش دما ظرفیت گرمایی نیز افزایش یافته در نتیجه انرژی بیش‌تری را در خود ذخیره می‌کند. میزان شوری دریا‌های آزاد و اقیانوس‌ها در حدود ۳۰ الی ۴۰ گرم بر کیلوگرم است که با مقایسه با شوری

- 4- Fan Y. , W. Brown , 2003, “The Heat Budget for Mt. Hope Bay”, The School for Marine Science and Technology, University of Massachusetts Dartmouth.
- ۵- یعقوبی، سیروس، مدل بودجه گرمایی خزر جنوبی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۳۸۰.
- ۶- مهرفر، حسام الدین و همکاران مطالعه و فرمولاسیون میزان بودجه گرمایی تحت اثر وزش بادهای شدید در خلیج گرگان ، نشریه علوم پایه دانشگاه آزاد، ۱۳۸۶، شماره ۶۳، صفحه ۱۹-۳۱.
- ۷- سالنامه‌های هوا شناسی ۱۳۸۱-۱۳۸۸ ، سازمان هوا شناسی کشور.
- ۸- پور اصغر، ف، توزیع دما در سطح دریاچه‌ی ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس دانشکده‌ی علوم و فنون دریایی، ۱۳۸۳.
- 9- Emery J. W. ,L. D. Talley and G. L. Pickard , 2005 , “Descriptive physical oceanography”, Elsevier.
- 10- Stewart R. H. 2005, “Introduction to Physical Oceanography, Department of Oceanography”, Texas A&M University.
- 11- Simonsen Kund, M.Haugan, 1996, “Heat Budgets of the Arctic Mediterranean and sea surface heat flux parameterizations for the Nordic Seas”, Journal of Geophysical Research, vol. 101, No. C3, 6533-6576
- 12- Wunsch Carl , 2005 , “The Total Meridional Heat Flux and Its Oceanic and Atmospheric Partition” , Journal of Climate, vol. 18, pp. 4374-4380.
- این اختلاف بیشتر مربوط به داده‌های سرعت باد در ایستگاه‌های مربوطه می‌باشد.
- ۴- شار گرمای نهان (Q_1) به سرعت باد و رطوبت نسبی هوا بستگی دارد به طوریکه بادهای شدید و هوای خشک موجب تبخیر بیش‌تر آب می‌گردند. مقدار Q_1 محاسبه شده برای سه ایستگاه برابر ۵۱۷۳/۹ وات بر متر مربع می‌باشد و نسبت
- $$\frac{Q_1}{Q_{SW}} = \frac{5173/9}{8381/42}$$
- مقیاس جهانی ۴۳٪ می‌باشد و این اختلاف مربوط به کوهستانی بودن منطقه که موجبات وزش بادهای بر سطح دریاچه را فراهم آورده و سبب تبخیر بیش‌تر آب می‌گردد. شوره زارهای اطراف دریاچه و میزان املاح آب دریاچه گواه بر تبخیر بیش‌تر آب می‌باشد.
- ۵- بارش مستقیم برف و باران روی آب دریاچه، کوهستانی بودن اطراف دریاچه، ورودی آب‌های سرد ناشی از ذوب برف و یخ در سواحل دریاچه و جریان‌های آب درون دریاچه در جابجایی بخشی از گرمای دریاچه مؤثر هستند و به علت نداشتن روابط لازم مقدار آن‌ها محاسبه نگردیده است، اگر این مقدار با (Q_V) معرفی شود مقدار آن با (Q_T) برابر شده و مجموع جبری گرمایها برابر صفر می‌شود در نتیجه توازن خوبی بین پارامترهای معادله بودجه گرمایی برقرار می‌گردد.
- منابع**
- ۱- دانشور، نظام الدین و اشعثی سرخابی، حبیب، مطالعه‌ی فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه ارومیه، نشریه محیط شناسی، ۱۳۷۴، شماره ۱۷، صفحه ۳۴-۴۱.
- 2- Kara A. B. 1999 , “Efficient and Accurate Bulk Parameterizations of Air-Sea Fluxes for Use in General Circulation Models” , Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, vol. 17, pp. 1421-1438.
- 3- Naoki Hirose , C. Kim , J. H. Yoon , 1996 , “Heat Budget in the Japan Sea” , Journal of Oceanography, vol. 52, 553-574.