

# XÁC ĐỊNH LƯỢNG BỐC HƠI NƯỚC NGẦM CỦA TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCENE TRONG DẢI CỒN CÁT VEN BIỂN TỈNH BÌNH THUẬN BẰNG LYSIMETER

Nguyễn Thành Công, Nguyễn Huy Vượng  
Viện Thủy công

**Tóm tắt:** Bốc hơi là quá trình chất lỏng chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi trên bề mặt của nó, mà không cần nhiệt độ cao đến điểm sôi. Quá trình bốc hơi nước ngầm thường diễn ra tại các khu vực có mực nước ngầm nằm nông, độ rỗng của đất đá trong đới thông khí lớn, nhiệt độ bề mặt đất cao, độ ẩm không khí thấp và vận tốc gió lớn. Dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận là khu vực có mực nước ngầm nằm nông, thành phần thạch học của đới thông khí chủ yếu là cát hạt mịn đến hạt vừa, có độ rỗng lớn. Tại các dải cồn cát này, thảm phủ thực vật thưa thớt, số giờ nắng trong năm lớn, nhiệt độ không khí và lượng bốc hơi bề mặt cao, các điều kiện trên thuận lợi cho quá trình bốc hơi từ bề mặt nước ngầm. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đo bốc hơi trực tiếp bằng Lysimeter (LS) theo nguyên lý cân bằng nước để quan trắc lượng bốc hơi nước ngầm từ tầng chứa nước holocene trong các dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận, trạm đo LS được đặt tại thị xã Lagi. Kết quả quan trắc và tính toán cho thấy tổng lượng bốc hơi nước ngầm trong năm 2022 vào khoảng 209,8 mm chiếm khoảng 34,7% lượng bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước.

**Từ khóa:** Lysimeter, cồn cát, bốc hơi, nước ngầm, lượng bổ cập tự nhiên, Bình Thuận.

**Summary:** Evaporation is the process by which a liquid turns from its liquid state to its gaseous state below the temperature at which it boils. The process of groundwater evaporation often occurs in areas of shallow ground water, high porosity of soil and rock in the vadose zone, high temperature at ground surface, high air humidity and high wind speed. The coastal sand dunes of Binh Thuan province have a shallow groundwater table, the lithological composition of the vadose zone is mainly fine to medium grained sand with large porosity. In these sand dunes, vegetation cover is sparse, the sunny duration a year is large, air temperature and surface evaporation are high. The above conditions are favorable for evaporation from the groundwater surface. This study uses the direct evaporation measurement method using Lysimeter (LS) according to the water balance principle to monitor groundwater evaporation from the holocene aquifer in coastal sand dunes of Binh Thuan province. LS measuring station is located in Lagi township. Monitoring and calculation results show that the total amount of groundwater evaporation in 2022 is 209.8 mm, equals 34.7% of the natural recharge of the aquifer.

**Keywords:** Lysimeter, Sand Dunes, Evaporation, Groundwater, the natural recharge, Bình Thuận.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bốc hơi là quá trình chất lỏng chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi trên bề mặt của nó, không cần nhiệt độ cao đến điểm sôi. Đây là quá trình diễn ra khi các phân tử chất lỏng trên bề mặt năng động đủ để vượt qua lực liên kết phân tử và thoát ra môi trường xung quanh dưới dạng hơi. Trong chu trình tuần hoàn của nước thì bốc hơi vừa làm giảm lượng nước bổ cập cho mặt đất từ nước mưa, băng, tuyết, vừa

làm tăng lượng bổ cập do bốc hơi chiếm tới 60% nguồn cung cho nước mưa, nước băng tuyết. Quá trình bốc hơi nước ngầm diễn ra tại các khu vực có mực nước ngầm nằm nông, độ rỗng của đất đá trong đới thông khí lớn, nhiệt độ bề mặt đất cao, độ ẩm không khí thấp và vận tốc gió lớn (Taikan Oki và nnk, 2006) [1].

Bình Thuận là tỉnh nằm trong vùng khô hạn nhất nước, có nền khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình với đặc trưng là khô nóng, gió nhiều. Lượng mưa năm tỉnh Bình Thuận phân bố không đồng đều theo không gian, nơi có lượng mưa năm ít nhất chỉ đạt 728 mm và nơi có lượng mưa nhiều nhất là 2.564 mm chênh lệch

Ngày nhận bài: 08/4/2024

Ngày thông qua phản biện: 31/5/2024

Ngày duyệt đăng: 10/6/2024

giữa hai vùng này là 1.836 mm. Khu vực phía Tây bắc của tỉnh là nơi có lượng mưa năm cao nhất đạt từ 2.000 - 2.500 mm, tiếp theo là khu vực phía Nam tỉnh dao động từ 1.400 - 1.600 mm. Khu vực có lượng mưa thấp nhất là khu vực phía Đông bắc tỉnh và trung tâm thành phố với tổng lượng mưa năm chỉ đạt 730 - 1.110 mm. Tổng lượng bốc hơi bề mặt năm ở Bình Thuận tương đối ổn định. Hàng năm tổng lượng bốc hơi đạt từ 1.000 - 1.111 mm, phân bố khá đều theo tháng.

Các tháng mùa khô từ tháng 12 năm trước đến tháng 4 năm sau dao động từ 100 - 145 mm, trong đó tháng có tổng lượng bốc hơi cao nhất là tháng 3, dao động từ 130 - 145mm. Sang các tháng mùa mưa lượng bốc hơi giảm rõ rệt, dao động từ 76 - 116 mm và tháng có tổng lượng bốc hơi nhỏ nhất là tháng 10 dao động từ 82 - 86 mm. Độ ẩm không khí khá cao, trung bình dao động từ 78-86%. Độ ẩm trung bình năm tại Phan Thiết khoảng 79,5%, tại Hàm Tân là 81%. Mùa mưa có độ ẩm cao hơn so với mùa khô (81-86% so với 78-80%). Độ ẩm tháng cao nhất có nơi đạt đến 86,5% (Hàm Tân); độ ẩm tháng thấp nhất là 74,4%. Tốc độ gió trung bình năm biến đổi trong khoảng từ 2,1 - 3,2m/s, có xu hướng tăng dần khi ra biển. Tốc độ gió tại đất

liền dao động từ 1,7 - 4,2m/s. Tốc độ gió lớn nhất có thể đạt đến 20 - 25 m/s, xuất hiện trong bão và xoáy lốc [3].

Bình Thuận là tỉnh có diện tích đất cát và cồn cát ven biển lớn nhất nước với diện tích vào khoảng 125.935 ha [2]. Trên bề mặt địa hình các dải cồn cát phân bố dọc theo bờ biển từ Bình Thạnh đến Hải Thắng với chiều dài 192 km chiếm 18,2% diện tích tự nhiên của tỉnh. Bề mặt các dải cồn cát có dạng gồ gề, lượn sóng nhấp nhô với cao độ phổ biến 5-35m (có chỗ trên 50m). Nguồn gốc hình thành của các dải cồn cát này chủ yếu là trầm tích biển trầm tích sông - biển ( $amQ_2^2$ ,  $amQ_2^{2-3}$ ), trầm tích biển ( $mQ_2^2$ ,  $mQ_2^3$ ), trầm tích sông ( $aQ_2^3$ ), trầm tích gió ( $vQ_2^3$ ,  $vQ$ ). Thành phần thạch học chủ yếu là cát hạt mịn đến vừa màu xám trắng, xám vàng, nâu đỏ. Nước nhạt trong các dải cồn cát này là nước không áp thuộc tầng chứa nước Holocen, độ sâu mực nước tĩnh dao động theo mùa và thường thay đổi từ 0,35 m đến 2,65 m khu vực trũng giữa các cồn và 2,5 đến 14m khu vực đỉnh cồn. Kết quả hút nước thí nghiệm cho thấy lưu lượng các lỗ khoan thay đổi từ 1,29 đến 2,69 l/s; giá trị thường gặp từ 1,5 đến 2,5 l/s. Hệ số thấm dao động từ 0,17 đến 11,63 m/ng; giá trị trung bình khoảng 3,0 m/ng [4].



Hình 1: Bản đồ vị trí nghiên cứu

Sơ bộ phân tích điều kiện tự nhiên và đặc điểm địa chất thủy văn của dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận cho thấy các điều kiện nêu trên thuận lợi cho quá trình bốc hơi nước ngầm. Trên cơ sở phân tích cấu trúc địa chất thủy văn, kết quả quan trắc bốc hơi mực nước ngầm, bài báo trình bày kết quả xác định lượng bốc hơi nước ngầm của tầng chứa nước qh trong các dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận.

## 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

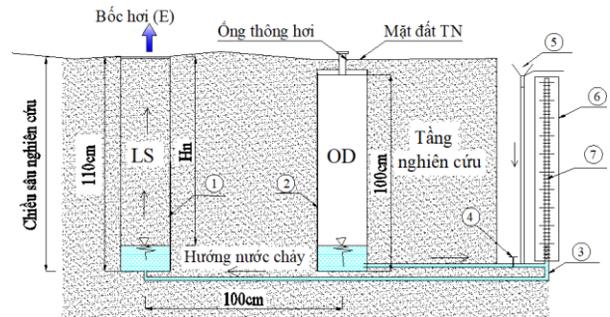
Lysimeter được coi là một phương pháp thích hợp và đáng tin cậy để xác định cả lượng bốc thoát hơi nước của đất và lượng bốc hơi từ nước ngầm nằm nông (Aboukhaled, Alfaro & Smith, 1982; Boast & Robertson, 1982; Geoaguas Consultores, 2007; Johnson, 2009; Johnson, Yáñez, Ortiz & Muñoz, 2010; Kelleners, Soppe, Ayars, Simunek & Skaggs, 2005; Nichols, 1993) [5,6,7,8,9,10,11]. Theo một số tác giả (Xu & Chen, 2005 [12]; Zhang và cộng sự, 1999 [13]), lysimeter là phương pháp thí nghiệm tốt nhất để nghiên cứu dòng chảy mao dẫn hướng lên của nước ngầm nông và các quá trình liên quan đến cân bằng nước trong đất.

Theo Johnson (2009)[8], một trong những ưu điểm lớn của lysimeter so với các phương pháp khác là khả năng đo trực tiếp, phép đo được thực hiện bằng sự bay hơi, mang lại kết quả đáng tin cậy và chính xác. Tương tự như vậy, công trình mô phỏng số của Hernández (2012)[14] đã xác nhận rằng sự bốc hơi phát triển trong phẫu diện đất trong lysimeter phụ thuộc vào độ sâu của mực nước ngầm (mực nước càng nông, sự bốc hơi xảy ra càng gần với lượng bốc hơi bề mặt). Ngoài ra, lysimeter dễ lắp đặt về kỹ thuật và chi phí lắp đặt thấp (Schwaerzel & Bohl, 2003), cho phép xác định tại chỗ sự bốc hơi nước trong đất.

Trong nghiên cứu này, để xác định trực tiếp lượng bốc hơi nước ngầm chúng tôi sử dụng Lysimeter theo nguyên lý cân bằng nước. Trạm đo Lysimeter được đặt tại xã Tân Bình, xã La Gi, tỉnh Bình Thuận (Tọa độ X = 1181591,0; Y= 422582,0). Trạm đo này bao gồm 2 bộ thiết bị đo bốc hơi, 1 bộ đo bốc hơi ở độ sâu 0,5 m, bộ còn lại đo bốc hơi ở độ sâu

0,9 m so với bề mặt tự nhiên. Ngoài thiết bị đo bốc hơi, trạm còn có thiết bị đo khí tượng tự động ngoài trời với 4 thông số đo: lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm không khí, gió.

Bộ thiết bị đo bốc hơi gồm 1 ống bốc hơi (LS) chứa đất nền tự nhiên và 1 ống đo lượng nước bốc hơi ký hiệu OD (hình 2). Ống LS (1) và ống OD (2) có cấu tạo từ nhựa PVC, đường kính trong 19,2 cm (tiết diện 0,116 m<sup>2</sup>), có dài lần lượt là 110cm và 100 cm. Ống LS nối thông với OD bằng ống nhựa PVC có đường kính 2,1cm (D21) (3), giữa ống nối có lắp khóa nước (4), ống cấp nước D21 (5) và dây tuy ô (được cấu tạo từ nhựa acrylic, đường kính 1 cm) nối với ống quan trắc (7) trên thước đo mực nước (6). Thước đo mực nước dài 1 m, chia vạch 1 mm, phía trên có các ống quan trắc, đường kính 1 cm.



Hình 2: Sơ đồ thí nghiệm đo bốc hơi:

- 1- Lysimeter; 2- Ống đo; 3- Ống nước D21;
- 4- Khóa nước; 5- Ống cấp nước; 6- Thước đo;
- 7- Ống quan trắc



Hình 3: Thi công lắp đặt Lysimeter và các thiết bị quan trắc đo đạc

Nguyên lý hoạt động: Ống LS nối thông với ống OD nên khi nước trong cột đất của LS bốc hơi, E thì mực nước trong ống này giảm xuống, nước từ ống OD chảy sang bổ cấp cho nước trong ống LS. Do đường kính, tiết diện 2

ống LS và OD bằng nhau nên lượng bốc hơi E từ LS tương ứng bằng lượng nước hao hụt trong ống OD. Lượng nước hao hụt trong ống OD được xác định thông qua quan trắc mực nước giảm trên ống (7) và thước đo (6). Lượng nước hao hụt do bốc hơi được cấp bổ sung qua ống cấp nước (5) để duy trì độ sâu mực nước quan trắc trong các LS.

Lượng bốc hơi hàng ngày  $E_n$  được ghi lại trên thước đo chính xác đến 0.5mm, lượng bốc hơi này được xác định như sau:

$$E_n = H_{t18} - H_{s18} \quad (1)$$

Trong đó:  $E_n$  – Lượng bốc hơi hàng ngày (mm)

$H_{t18}$  – Mực nước trên thước đo vào lúc 18h ngày hôm trước, mm

$H_{s18}$  – Mực nước trên thước đo ở thời điểm đo (18h ngày đo), mm.

Để xây dựng tương quan giữa lượng bốc hơi nước ngầm với các yếu tố khí hậu và độ sâu mực nước ngầm, trong nghiên cứu này, chúng tôi bố trí 02 hệ thống LS, nghiên cứu bốc hơi tại các độ sâu ( $H_n$ , mực nước ngầm trong cột đất của LS, tính từ mặt đất của LS) lần lượt là 0,5m và 0,9m. Các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa được quan trắc bằng thiết bị đo tự động đặt tại trạm đo, lượng bốc hơi bề mặt được thu thập tại trạm khí tượng thủy văn trong vùng nghiên cứu, mực nước ngầm được đo trực tiếp tại giếng quan trắc cạnh vị trí xây dựng trạm LS.

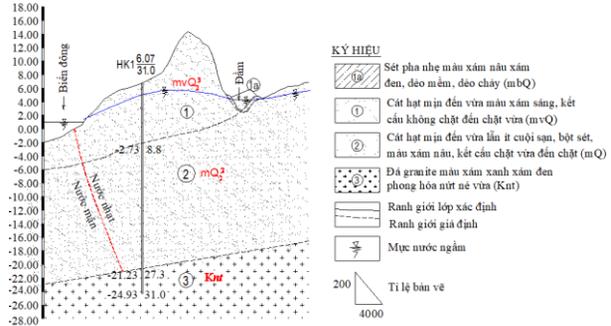
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Đặc điểm địa chất thủy văn khu vực quan trắc

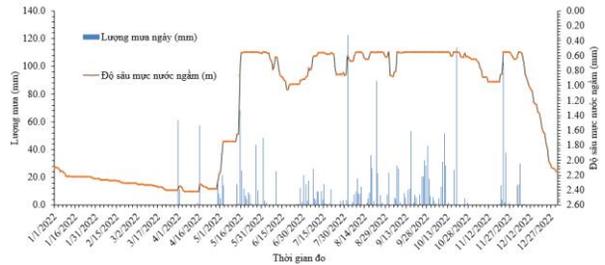
Cấu trúc địa chất thủy văn của dải cồn cát khu vực đặt trạm đo được thành lập trên cơ sở tài liệu thu thập, công tác khoan khảo sát, được thể hiện tại hình 4. Động thái nước dưới đất được đánh giá dựa trên số liệu quan trắc mực nước ngầm từ 01/1/2022 đến 31/12/2022 và lượng mưa diễn ra trong thời gian đó, quan hệ giữa lượng mưa và mực nước ngầm được thể hiện tại hình 5.

**Bảng 1: Một số thông số địa chất thủy văn của dải cồn cát khu vực đặt trạm quan trắc**

Thành phần hạt (%)		Độ ẩm W (%)	Khối lượng thể tích $\gamma$ ( $g/cm^3$ )		Khối lượng riêng $\Delta$ ( $g/cm^3$ )	Hệ số rỗng e	Độ lỗ rỗng n (%)	Hệ số thấm K (Cm/s)
Cát (2-0,05mm)	Bụi (0,05-0,01mm)		Khô	Ướt				
93.80	6.20	8.70	1.55	1.68	2.63	0.70	41.06	$4.96 \times 10^{-3}$



Hình 4: Mặt cắt DCTV ngang bờ biển Lagi – Bình Thuận



Hình 5: Quan hệ giữa lượng mưa và độ sâu mực nước ngầm trong khoảng thời gian từ 1/1/2022 đến 31/12/2022

Thành phần thạch học của các dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận chủ yếu là cát hạt mịn, nâu vàng, xám ghi thuộc thống Holocene nguồn gốc biển gió ( $mvQ_2^3$ ), hoặc biển ( $mQ_2^2$ ). Tại khu vực xây dựng mô hình thí nghiệm có chiều dày khoảng trung bình khoảng 25,0m, bề rộng phần diện lộ khoảng 3500 m, chiều dài phần diện lộ khoảng 14000,0m, nước ngầm trong hố khoan quan sát thay đổi theo mùa và thường thay đổi từ 0,0m đến 2.87m. Dao động của mực nước ngầm với lượng mưa ngày tương đối đồng điệu. Kết quả phân tích cấu trúc địa chất thủy văn và động thái nước dưới đất cho thấy lượng bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước chủ yếu được cung cấp bởi nước mưa rơi trên bề mặt các nguồn khác không đáng kể. Một số thông số địa chất thủy văn đặc trưng của dải cồn cát được trình bày tại bảng 1.

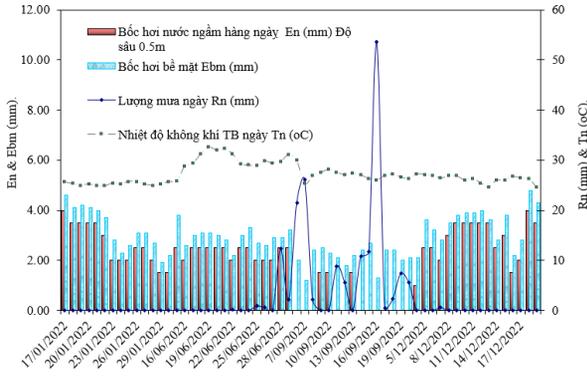
### 3.2. Kết quả quan trắc lượng bốc hơi từ nước ngầm

Thời gian quan trắc lượng bốc hơi từ mực nước ngầm tiến hành làm 4 đợt: Đợt 1 từ 17/01/2022 đến ngày 31/01/2022; đợt 2 từ 16/06/2022 đến ngày 30/06/2022; đợt 3 từ 07/09/2022 đến ngày 21/09/2022; đợt 4 từ 05/12/2022 đến ngày 19/12/2022.

Nhiệt độ trung bình ngày ( $T_n$ ), lượng mưa này ( $R_n$ ), được quan trắc bằng trạm quan trắc tự động đặt trong khu vực đo, lượng bốc hơi bề mặt ( $E_{bm}$ ), được thu thập từ trạm khí tượng thủy văn quốc gia đặt tại Lagi. Kết quả quan trắc được thể hiện tại bảng 2; Quan hệ giữa một số yếu tố khí hậu với lượng bốc hơi nước ngầm ( $E_n$ ) được thể hiện tại hình 6.

**Bảng 2: Kết quả quan trắc lượng bốc hơi trong năm 2022**

Ngày đo	Rn (mm)	Tn (°C)	Ebm (mm)	GWE (mm)		Ngày đo	Rn (mm)	Tn (°C)	Ebm (mm)	GWE (mm)	
				Độ sâu 0.5m	Độ sâu 0.9m					Độ sâu 0.5m	Độ sâu 0.9m
17/01/2022	0	25.6	4.6	4	3	7/09/2022	26.1	25.3	1.2	0	0
18/01/2022	0	25.3	4.1	3.5	3	8/09/2022	2.1	26.8	2.4	0	0
19/01/2022	0	24.9	4.2	3.5	3	9/09/2022	0	27.5	2.5	1.5	1
20/01/2022	0	25.2	4.1	3.5	3	10/09/2022	0	28.1	2.3	1.5	1
21/01/2022	0	24.8	4	3.5	2.5	11/09/2022	8.8	27.5	2.1	0	0
22/01/2022	0	24.8	3.7	3	2.5	12/09/2022	5.6	27.1	1.8	0	0
23/01/2022	0	25.4	2.8	2	1.5	13/09/2022	0	27.3	2.2	1.5	1
24/01/2022	0	25.2	2.3	2	1.5	14/09/2022	10.8	27	2.4	0	0
25/01/2022	0	25.7	2.6	2	1.5	15/09/2022	11.7	26.3	2.7	0	0
26/01/2022	0	25.7	3.1	2.5	1.5	16/09/2022	53.6	26	1.3	0	0
27/01/2022	0	25.2	3.1	2.5	1.5	17/09/2022	0.5	26.9	2.4	0	0
28/01/2022	0	24.9	2.7	2	1	18/09/2022	2.3	27.2	2.4	0	0
29/01/2022	0	25.1	1.9	1.5	1	19/09/2022	7.4	26.6	2	0	0
30/01/2022	0	25.7	2.2	1.5	1	20/09/2022	5.6	26.3	2.1	0	0
31/01/2022	0	25.8	3.8	2.5	1.5	21/09/2022	0	27.2	2.1	1	0.5
16/06/2022	0	28.7	2.6	2	1.5	5/12/2022	0	27.1	3.6	2.5	1.5
17/06/2022	0	29.3	3	2.5	1.5	6/12/2022	0	26.9	3.2	2.5	2
18/06/2022	0	31.2	3.1	2.5	2	7/12/2022	0.6	26.4	2.8	2	1.5
19/06/2022	0	32.6	3.1	2.5	2	8/12/2022	0	26.8	3.5	3	2
20/06/2022	0	32	3	2.5	2	9/12/2022	0	26.8	3.8	3.5	2.5
21/06/2022	0	32.3	2.8	2.5	2	10/12/2022	0	26	3.9	3.5	2.5
22/06/2022	0.1	31.2	2.2	2	1	11/12/2022	0	26.3	3.9	3.5	2.5
23/06/2022	0	29.2	3	2.5	1.5	12/12/2022	0	25.4	4	3.5	2.5
24/06/2022	0	29	3.3	2.5	1.5	13/12/2022	0	24.6	3.6	3.5	2.5
25/06/2022	0.9	28.9	2.7	2	1.5	14/12/2022	0	26	2.8	2.5	1.5
26/06/2022	0.6	29.8	2.6	2	1.5	15/12/2022	0	26	3.8	3	2
27/06/2022	0	29.4	2.9	2	1.5	16/12/2022	0	26.7	2.2	1.5	1
28/06/2022	12.3	29.7	2.9	2.5	1.5	17/12/2022	0	26.4	2.8	2	1.5
29/06/2022	2.1	31.1	3.2	2.5	2	18/12/2022	0	26.2	4.8	4	2.5
30/06/2022	21.5	29.9	2	0	0	19/12/2022	0	24.5	4.3	3.5	2



Hình 6: Quan hệ giữa bốc hơi nước ngầm và một số yếu tố khí hậu

Lượng bốc hơi trung bình ngày trong năm 2022 tại độ sâu 0,5m là 2,055 mm/ngày đêm, tại độ sâu 0,9m là 1,40 mm/ngày đêm. Trong những ngày không mưa hoặc mưa nhỏ <3mm dao động giữa lượng bốc hơi bề mặt tại cùng 1 độ sâu khá đồng đều (hình 7). Bốc hơi nước ngầm diễn ra ngay cả khi trời có mưa nhỏ (lượng mưa 0,1-3,0mm), tại các ngày lượng mưa ≥ 3mm không xảy ra quá trình bốc hơi nước ngầm, nguyên nhân là do lượng mưa nhỏ chỉ làm ẩm bề mặt đất, không đủ để ngấm xuống bổ cập cho lượng nước trong LS, trong khi nhiệt độ trong LS vẫn cao và áp suất hơi bão hoà trong nhỏ nên nước ngầm tiếp tục bốc hơi. Mưa có thể làm giảm nhiệt độ bề mặt của đất, bổ sung độ ẩm cho đất làm giảm lượng bốc hơi từ nước ngầm, tuy nhiên sau thời gian mưa thì lượng bốc hơi mặt đất sẽ tăng cao. Bốc hơi bề mặt đất xảy ra ở tất cả các ngày trong năm kể cả khi trời mưa, lượng bốc hơi này chỉ giảm khi độ ẩm không khí đạt mức bão hoà.

**3.3. Quan hệ giữa bốc hơi nước ngầm và độ sâu mực nước ngầm**

Lượng bốc hơi nước ngầm phụ thuộc vào nhiều yếu tố đặc biệt là độ sâu mực nước ngầm

theo Philip (1957) [16] lưu lượng bốc hơi nước ngầm là một hàm phân rã theo độ sâu của lưu lượng bốc khả năng PE, thể hiện tại công thức (2). Tương quan giữa bốc hơi nước ngầm và độ sâu mực nước ngầm được Philip (1957) [16] xây dựng dựa trên tương quan giữa tỷ số lưu lượng bốc hơi nước ngầm (GWE) và lưu lượng bốc hơi tiềm năng (PE).

$$GWE = PEe^{\alpha Z} \tag{2}$$

Trong đó: GWE (mm/ ngày) là lưu lượng bốc hơi từ mực nước ngầm; PE (mm/ ngày) là lượng bốc hơi tiềm năng, trong nghiên cứu này lượng bốc hơi tiềm năng bằng lượng bốc hơi bề mặt, α là hệ số phân rã.

Grilli & Vidal (1986) [17] bằng các nghiên cứu thực nghiệm đã bổ sung thêm ngưỡng bốc hơi Z<sub>0</sub> vào công thức 2 và biến đổi thành công thức 3.

$$GWE = \begin{cases} PE & GWE > PE \\ PEe^{\alpha(Z-Z_0)} & GWE < PE \end{cases} \tag{3}$$

Trong đó: Z<sub>0</sub> Là độ sâu tại đó lượng bốc hơi nước ngầm bằng lượng bốc hơi bề mặt.

Eduardo Johnson [18] bằng kết quả thí nghiệm hiện trường đối với các loại đất sét pha, cát pha đã đưa ra mối quan hệ tương quan giữa lượng bốc hơi nước ngầm và độ sâu được thể hiện tại công thức (4).

$$\frac{GWE}{PE} = \begin{cases} 1 & Z \leq 0.122m \\ e^{-3.575(z-1.224)} & 0.122 < Z \leq 0.85m \\ 0.065z^{-0.79} & Z > 0.85m \end{cases} \tag{4}$$

Giá trị ngưỡng Z<sub>0</sub> của các loại đất khác nhau tại Hillsborough, Florida được Nirjhar Shah (2007) [19] xác định dựa trên kết quả thực nghiệm và mô hình số (HYDRUS). Giá trị ngưỡng Z<sub>0</sub> của các loại đất được trình bày bảng 3.

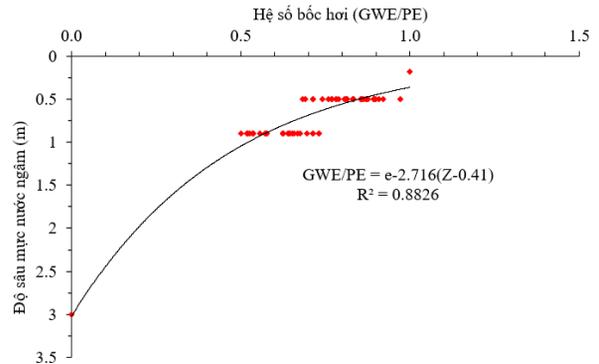
**Bảng 3: Giá trị ngưỡng Z<sub>0</sub> của một số loại đất theo Nirjhar Shah(2007) [13]**

Loại đất	Cát	Đất mùn lẫn cát	Cát lẫn mùn	Cát pha mùn	Cát pha	Đất mùn	Bụi sét	Sét lẫn mùn	Đất mùn lẫn bụi	Bụi	Sét bụi lẫn mùn	Sét
Z0 m)	0.18	0.22	0.4	0.35	0.26	0.55	0.37	0.5	0.72	0.70	0.5	0.54

Zhenlong Wang (2020) [21] đã thiết lập hai mô hình tính toán lượng bốc hơi của nước ngầm ngày không mưa, sau đó tính toán mô hình tính toán giảm lượng bốc hơi của nước ngầm vào những ngày mưa trên đất cát có thành phần hạt cát 86,3%, bụi 11,7%, sét 2,0%. Kết quả cho thấy rằng hệ số bốc hơi bị ảnh hưởng bởi cả yếu tố độ sâu và khả năng bốc hơi của nước bề mặt và chỉ ra rằng ở độ sâu mực nước ngầm dưới 3,0 m thì độ bốc hơi rất nhỏ gần như không thay đổi và có thể coi là không bốc hơi. Nghiên cứu thực nghiệm đo lượng bốc hơi nước ngầm bằng Lysimeter được Yang Tingting [20], thực hiện trên đất loại cát, thành phần hạt cát 86,00%, bụi 13,64%, sét 0,34% tại Horqin Sandy Land, Trung Quốc, cho thấy lượng bốc hơi nước ngầm giảm theo độ sâu của nước ngầm, sự bốc hơi của đất và sự bổ cập của nước ngầm giảm. Ở độ sâu nước ngầm khoảng 239mm thì không xảy ra quá trình bốc hơi nước ngầm, lượng bốc hơi nước ngầm làm mất đi khoảng 79% lượng bổ cập tự nhiên.

Trong nghiên cứu này tương quan giữa mực nước ngầm theo độ sâu được xây dựng dựa trên kết quả lượng bốc hơi nước ngầm tại các ngày không mưa, độ sâu  $Z_0 = 0,18$  m là độ sâu tại đó mà lượng bốc hơi nước ngầm bằng lượng bốc hơi bề mặt được lấy theo Nirjhar Shah (2007) [19]. Độ sâu mà tại đó không xảy ra quá trình bốc hơi nước ngầm được lấy bằng 3,0 m theo Zhenlong Wang (2020) [21]. Sử dụng các thông số nêu trên kết hợp với kết quả quan trắc lượng bốc hơi nước ngầm tại các độ

sâu 0,5 m và 0,9 m chúng tôi tiến hành thành lập tương quan giữa hệ số bốc hơi (GWE/PE) và độ sâu mực nước ngầm thể hiện tại hình 7 và công thức 5.



Hình 7: Tương quan giữa hệ số bốc hơi và độ sâu mực nước ngầm tại vị trí thí nghiệm

$$\frac{GWE}{PE} = \begin{cases} 1 & Z \leq 0.41m \\ e^{-2.902(Z-0.41)} & Z > 0.41m \end{cases} \quad (5)$$

### 3.4. Tính toán lượng bốc hơi nước ngầm

Lượng bốc hơi nước ngầm từ tầng chứa nước holocen trong dải cồn cát tại khu vực nghiên cứu trong năm 2022 được tính toán theo công thức 5, trong đó lượng bốc hơi tiềm năng được lấy bằng lượng bốc hơi bề mặt (lượng mưa và lượng bốc hơi bề mặt được thu thập từ trạm khí tượng thủy văn quốc gia đặt tại thị xã Lagi), độ sâu mực nước ngầm là kết quả quan trắc tương ứng với thời gian đo bốc hơi từ mực nước ngầm. Lượng bốc hơi nước ngầm chỉ tính cho các ngày có mưa nhỏ hơn 3 mm. Kết quả tính toán lượng bốc hơi nước ngầm được thể hiện tại bảng 4.

**Bảng 4: Lượng bốc hơi nước ngầm trong từ tầng chứa nước holocene tại khu vực nghiên cứu theo ngày trong năm 2022**

Tháng Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0.15	0.10	0.10			2.12			1.55		1.63	3.41
2	0.13	0.10	0.09	0.05				1.71	1.52		1.63	
3	0.13	0.09	0.09	0.09				1.99	1.49		1.92	
4	0.11	0.10	0.09	0.06		1.94		2.20			2.04	
5	0.12	0.11	0.10	0.06	0.22	2.47		2.20		2.40	2.39	3.25
6	0.11	0.11	0.08	0.06	0.31		1.31				1.29	2.59
7	0.12	0.10	0.08	0.05	0.31	2.22				2.12	1.01	1.78
8	0.09	0.10	0.11	0.06	0.24	2.18					1.06	1.68

Tháng Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9	0.08	0.10	0.11	0.06	0.24	2.23			2.25		1.10	1.60
10	0.09	0.10	0.10	0.05	0.23	2.38			2.07		1.45	1.44
11	0.11	0.09	0.08	0.06	0.21	2.63					1.12	1.29
12	0.13	0.10	0.05	0.05	0.16	1.43	2.07	1.77			1.04	1.24
13	0.12	0.09	0.08	0.04		1.30		1.82	2.03		1.20	1.05
14	0.15	0.08	0.08	0.05		1.31		1.93		2.07	1.20	0.62
15	0.10	0.11	0.07	0.04		1.19		1.26		2.15	1.04	0.77
16	0.11	0.08	0.08			1.07				2.48	1.24	0.43
17	0.11	0.08	0.07			1.16	2.33				1.35	0.45
18	0.10	0.08	0.06	0.09		0.96	1.99			2.03	0.81	0.74
19	0.10	0.06	0.05	0.09		0.96	1.99				0.39	0.56
20	0.10	0.05	0.06	0.08		1.06						0.29
21	0.10	0.07	0.05	0.08		1.01	1.06	2.07	1.94	2.62		0.23
22	0.09	0.05	0.05	0.08		0.80	1.99			1.98		0.27
23	0.07	0.07	0.05	0.06		1.09	1.55			1.50		0.25
24	0.06	0.08	0.06	0.06	2.12	1.19	1.20			1.90		0.20
25	0.06	0.10	0.06	0.05	2.21	0.98	1.15					0.14
26	0.08	0.10	0.05	0.05	2.03	0.94	1.34			2.43	1.75	0.11
27	0.07	0.10	0.04	0.05		1.05		2.35		2.10	2.25	0.10
28	0.06	0.11	0.06	0.06			1.54	1.82		1.90	2.37	0.08
29	0.04		0.07					2.45		1.55	2.93	0.08
30	0.05		0.06		2.16		1.08			1.26	2.08	0.05
31	0.09		0.03		2.21					3.56		0.06
<b>Tổng</b>	<b>3.04</b>	<b>2.52</b>	<b>2.21</b>	<b>1.56</b>	<b>12.65</b>	<b>35.68</b>	<b>20.61</b>	<b>23.57</b>	<b>12.85</b>	<b>34.06</b>	<b>36.29</b>	<b>24.78</b>

Tổng lưu lượng bốc hơi nước ngầm của tầng chứa nước holocen trong của khu vực nghiên cứu trong năm 2022 vào 209,81 mm. Lượng bốc hơi nước ngầm tại các tháng mùa mưa (tháng 6/2022 đến 11/2022) chiếm khoảng 77% tổng lượng bốc hơi do trong thời gian này mực nước ngầm nằm nông mặc dù các yếu tố khí hậu khác không thuận lợi cho bốc hơi nước ngầm. Trong các tháng mùa khô từ tháng 1 đến tháng 5 và tháng 12 mặc dù các yếu tố khí hậu khác thuận lợi cho bốc hơi nước ngầm tuy nhiên do mực nước ngầm nằm sâu nên lượng bốc hơi nước ngầm chỉ chiếm khoảng 23% tổng lượng bốc hơi từ mực nước ngầm.

### 3.5. Ảnh hưởng lượng bốc hơi nước ngầm đến lượng bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước holocen trong các dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận

Như đã phân tích tại mục 3.1 lượng bổ cập tự

nhiên của tầng chứa nước holocene trong các dải cồn cát ven biển khu vực nghiên cứu chủ yếu được hình thành từ nguồn nước mưa rơi trên bề mặt, các nguồn khác không đáng kể. Lượng bổ cập tự nhiên tự nhiên của tầng chứa nước ( $Q_{bctn}$ ) được tính theo công thức 6.

$$Q_{bctn} = \alpha \times X * F \quad (6)$$

Trong đó: X là tổng lượng mưa năm (m); F là diện tích phần diện lộ của thấu kính nước;  $\alpha$  là hệ số thấm xuyên của nước mưa (phụ thuộc vào thành phần thạch học của tầng phủ, xác định theo bảng tra của G, Weder); Với đất loại cát lầy  $\alpha=0,3$ .

Do phần diện lộ của thấu kính nước không đổi, lượng bổ cập tự nhiên của thấu kính nước phụ thuộc vào lượng mưa X, lượng mưa cung cấp cho thấu kính nước trong năm 2022 là  $0,3 * 1957,0\text{mm} = 587,1\text{mm}$ .

Như vậy trong khoảng thời gian 12 tháng qua 01 mùa mưa và 01 mùa khô lượng bốc hơi nước ngầm là 209,8 mm, chiếm khoảng 35,7% lượng bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước holocen trong các dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận.

#### 4. KẾT LUẬN

Nước nhạt thuộc tầng chứa nước holocen trong các dải cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận thường tồn tại dưới thấu kính nằm cân bằng động với nước biển, nước sông, đầm phá trong khu vực, gương nước ngầm có xu hướng thấp dần về phía biển và phía lục địa.

Nguồn bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước chủ yếu là do nước mưa các nguồn khác không đáng kể và lượng bổ cập tự nhiên do mưa năm 2022 tại khu vực Bình Thuận 587,1mm.

Lượng bốc hơi nước ngầm phụ thuộc vào độ sâu nước ngầm, độ rỗng của đất đá trong đới thông, nhiệt độ bề mặt đất, độ ẩm không khí và

lượng bốc hơi bề mặt. Trên cơ sở số liệu quan trắc lượng bốc hơi nước ngầm tại các độ sâu 0,9m và 0,5m kết hợp với lý thuyết về bốc hơi nước ngầm, nghiên cứu này đã thành lập được tương quan giữa lượng bốc hơi nước ngầm với độ sâu mực nước ngầm và lượng bốc hơi bề mặt. Sử dụng tương quan đó để tính toán lượng bốc hơi nước ngầm trong năm 2022 cho thấy tổng lượng bốc hơi nước ngầm vào khoảng 209,8 mm tương ứng 37,7% lượng bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước.

#### LỜI CẢM ƠN

Bài báo dựa trên các số liệu nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp giảm thất thoát nước dưới đất nhằm tăng cường nguồn nước cho các vùng khan hiếm nước ven biển Nam Trung Bộ” mã số ĐTĐL.CN-68/21 do Bộ Khoa học và Công nghệ quản lý, đơn vị chủ trì thực hiện là Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T.Oki and S. Kanae (2006). “Global hydrological cycles and world water resources” *Science* (80-.), vol. 313, no. 5790, pp. 1068–1072, 2006.
- [2] Lê Sâm và nnk (2008) “Thực trạng tài nguyên đất – nước và nguy cơ sa mạc hóa, tai biến thiên nhiên trên vùng đất cồn cát ven biển tỉnh Bình Thuận”. Tuyển tập KHCCN, Viện KHTL Miền Nam 2008, Tr 23-63.
- [3] Tổng cục thống kê “Niên giám thống kê các tỉnh, Bình Thuận 2009-2021”,
- [4] Trung Tâm QH & ĐTTNNQG (2018), Dự án “Biên hội – Thành lập Bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1/200,000 cho các tỉnh trên toàn quốc”, Báo cáo chuyên đề, “Tiềm năng nước dưới đất tỉnh Bình Thuận”,
- [5] Aboukhaled, A., Alfaro, A., & Smith, M. (1982). “Lysimeters”. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- [6] Boast, C. W., & Robertson, T. M. (1982). A “micro-lysimeter” method for determining evaporation from bare soil: Description and laboratory evaluation”. Soil Science Society of Am.
- [7] Geoaguas Consultores (2007). “Disponibilidad de recursos subterráneos en el sistema Tuyajto, II Región de Antofagasta. Santiago, Chile”. Editorial Geoaguas Consultores.
- [8] Johnson Vidal, J. E. (2009). “Evaporación desde napas freáticas someras en cuencas endorreicas del Altiplano Chileno. (Tesis de Maestría). Santiago, Chile”. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recovered on February 27 2019 of <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1366>.
- [9] Johnson, E., Yáñez, J., Ortiz, C., & Muñoz, J. (2010). “Evaporation from shallow groundwater in closed basins in the Chilean Altiplano”. *Hydrological Sciences Journal*, 55(4), 624-635. doi: <https://doi.org/10.1080/02626661003780458>.

- [10] Kelleners, T. J., Soppe, R. W. O., Ayars, J. E., Simunek, J., & Skaggs, T. H. (2005). "Inverse Analysis of Upward Water Flow in a Groundwater Table Lysimeter". *Vadose Zone Journal*, 4(3), 558-572. doi: <https://doi.org/10.2136/vzj2004.0118>.
- [11] Nichols, W. D. (1993). "Estimating Discharge of Shallow Groundwater by Transpiration from Greasewood in the Northern Great Basin". *Water Resources Research*, 29 (8), 2771-2778. doi: <https://doi.org/10.1029/93WR00930>.
- [12] Xu, C. Y., & Chen, D. (2005). "Comparison of seven models for estimation of evapotranspiration and groundwater recharge using lysimeter measurement data in Germany". *Hydrological Processes*, 19(18), 3717-3734.
- [13] Zhang, L., Dawes, W. R., Slavich, P. G., Meyer, W. S., Thorburn, P. J., Smith, D. J., & Walker, G. R. (1999). "Growth and ground water uptake responses of Lucerne to changes in groundwater levels and salinity: lysimeter, isotope and modelling studies". *Agricultural Water Management*, 39(2-3), 265-282. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(98\)00082-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(98)00082-1).
- [14] Hernández López, M. F. (2012). "Evaluación Experimental y Numérica de la Evaporación desde Aguas Subterráneas Someras. Aplicación a Suelos Salinos de la Cuenca del Salar de Huasco". (Tesis de doctorado). Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Recovered on February 27 2019 of <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1873>.
- [15] Schwaerzel, K., & Bohl, H. P. (2003). "An easily installable groundwater lysimeter to determine waterbalance components and hydraulic properties of peat soils". *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(1), 23-32. doi: <https://doi.org/10.5194/hess-7-23-2003>.
- [16] J. R. Philip, "Evaporation, and moisture and heat fields in the soil," *J. Atmos. Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 354–366, 1957.
- [17] Grilli and Vidal, "Evaporation from Salt Flats: Methodology to Evaluate Renewable Water Resources," *Application in Regions I and II. Magazine of the Chilean Society of Hydraulic Engineering*, p. 15, 1986.
- [18] E. Johnson, J. Yáñez, C. Ortiz, and J. Muñoz. "Evaporation from shallow groundwater in closed basins in the Chilean Altiplano". *Hydrol. Sci. J.*, vol. 55, no. 4, pp. 624–635, May 2010, doi: 10.1080/02626661003780458..
- [19] N. Shah, M. Nachabe, and M. Ross. "Extinction Depth and Evapotranspiration from Ground Water under Selected Land Covers" *Groundwater*, vol. 45, no. 3, pp. 329–338, May 2007, doi: 10.1111/j.1745-6584.2007.00302.x.
- [20] T. Yang, M. Ala, D. Guan, and A. Wang. "The Effects of Groundwater Depth on the Soil Evaporation in Horqin Sandy Land, China" *Chinese Geogr. Sci.*, vol. 31, no. 4, pp. 727–734, Aug. 2021, doi: 10.1007/s11769-021-1220-x.
- [21] Z. Wang, Y. Xu, G. Dong, H. Lv, Y. Fan, and Y. Wang. "Methods for calculating phreatic evaporation on bare grounds on rainy and dry days". *Hydrol. Res.*, vol. 51, no. 6, pp. 1221–1237, Dec. 2020, doi: 10.2166/nh.2020.017.
- [22] Z. Wang, Y. Xu, G. Dong, H. Lv, Y. Fan, and Y. Wang. "Methods for calculating phreatic evaporation on bare grounds on rainy and dry days". *Hydrol. Res.*, vol. 51, no. 6, pp. 1221–1237, Dec. 2020, doi: 10.2166/nh.2020.017.