KHAI THÁC BỀN VỮNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRONG THẤU KÍNH NƯỚC NHẠT TẦNG CHỨA NƯỚC PLEISTOCEN VÙNG NAM ĐỊNH

Trần Thành Lê, Phạm Quý Nhân
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Vùng Nam Định có thấu kính nước nhạt TCN Pleistocen phân bố phía Đông, Đông Nam tỉnh thuộc địa bàn các huyện: Hải Hậu, Nghĩa Hưng, một phần Ý Yên, Trực Ninh, Nam Trực và Giao Thuỷ, với diện tích phân bố 761 km^2. Thấu kính nước nhạt cung cấp chủ yếu nước sinh hoạt ăn uống cho người dân khu vực với lưu lượng trung bình 97.989 m^3/ngày. Hiện nay, cùng với sự phát triển kinh tế xã hội nhu cầu khai thác sử dụng nước dưới đất trong khu vực gia tăng, đi kèm với đó là khả năng suy thoái cạn kiệt và xâm nhập mặn. Bài báo này đánh giá mức tính bền vững của khai thác đối với tầng chứa nước Pleistocen dựa trên 6 tiêu chí: Tài nguyên nước dưới đất có thể phục hồi/đầu người (I_1 gọi tắt là Chỉ số tổng lượng nước dưới đất trên đầu người); Tổng lượng khai thác tài nguyên nước dưới đất/lượng cung cấp cho nước dưới đất (I_2 gọi tắt là Chỉ số sử dụng nước dưới đất so với lượng bổ cập); Tổng lượng khai thác tài nguyên nước dưới đất/tổng tài nguyên nước dưới đất có khả năng khai thác (I_3 gọi tắt là Chỉ số sử dụng nước dưới đất so với tiềm năng); Tổng lượng nước nước dưới đất cho sinh hoạt/tổng lượng sinh hoạt (I_4 gọi tắt là Chỉ số nước cho sinh hoạt); Chỉ số cạn kiệt nước dưới đất (I_5); Chỉ số khả năng tổn thương nước dưới đất (I_6). Kết quả nghiên cứu đã xác định được trữ lượng khai thác nước dưới đất cho toàn vùng là 410.398m^3/ngày. Từ các chỉ số tính toán đã xác định được 7/10 vùng theo ranh giới hành chính là vùng khai thác không bền vững gồm: Vụ Bản, Nghĩa Hưng, Nam Trực, Trực Ninh, Xuân Trường, Giao Thủy, Hải Hậu. Từ kết quả này, bản đồ đánh giá tình bền vững trong khai thác được thành lập phục vụ công tác quản lý, cấp phép và định hướng khai thác nước dưới đất.

Từ khóa: Khai thác bền vững; Nước dưới đất; Thấu kính nước nhạt; Pleistocen; Nam Định.

Abstract

Sustainable exploitation of fresh groundwater lenses of the pleistocene aquifer in Nam Dinh province, Vietnam

Fresh groundwater lenses of the pleistocene aquifer in Nam Dinh province are mainly found in the East, Southeast districts of the province (e.g. Hai Hau, Nghia Hung, a part of Y Yen, Truc Ninh, Nam Truc and Giao Thuy) with the total area of 761 km^2. The fresh groundwater lens provides drinking water for people in the area with an average flow of 97.989 m^3/day. Recently, along with the socio-economic development, the demand for groundwater exploitation in the area has increased, leading to the possibility of groundwater depletion and saltwater intrusion. This study assesses the sustainable exploitation of groundwater in the pleistocene aquifer based on 6

criteria, including recoverable groundwater resources per capita (I1); total amount of groundwater resources exploitation/quantity of supplied resources for groundwater (I2); total amount of groundwater resources exploitation/total amount of groundwater resources (I3); Total amount of groundwater for domestic use/total amount of water for domestic use (I4); groundwater depletion index (I5); and groundwater vulnerability index (I6). The results showed that the groundwater exploitation reserve for the whole region is 410.398 m^3/day. The calculated indicators indicated that 7/10 areas (according to administrative boundaries of Vu Ban, Nghia Hung, Nam Truc, Truc Ninh, Xuan Truong, Giao Thuy, and Hai Hau) are unsustainable exploitation areas. From studied results, a map for sustainable exploitation of groundwater was established in order to support the management, licensing and orientation of groundwater exploitation in Nam Dinh province.

Keywords: Sustainable exploitation; Groundwater; Fresh groundwater lens; Pleistocene; Nam Dinh.

1. Giới thiệu chung

Tính bền vững trong khai thác nước dưới đất (NDĐ) là lượng nước khai thác lên luôn đảm bảo nhỏ hơn hoặc bằng lượng nước bổ cập tự nhiên cho tầng chứa nước [22] và ngược lại là bị khai thác quá mức thì là khai thác không bền vững. Khai thác bền vững là ngưỡng khai thác nhỏ hơn hoặc bằng lượng bổ cập tự nhiên; còn khai thác an toàn là ngưỡng khai thác có thể lớn hơn lượng bổ cập tự nhiên nhưng vẫn đảm bảo chưa gây ra các tác động tiêu cực đáng kể đến môi trường [21] hay tuỳ thuộc vào quy định cụ thể của mỗi quốc gia hay vùng miền [19]. Năm 2007, UNESCO - IAEA - IAH đã đưa ra 10 chỉ số đánh giá mức độ bền vững NDĐ [2] và các chỉ số này có thể kết hợp thành bộ chỉ số để đánh giá tính bền vững của tài nguyên NDĐ, nhằm cung cấp những thông tin cho mục tiêu lập kế hoạch và quản lý tài nguyên dưới đất. Đây là một hướng nghiên cứu mới về tài nguyên NDĐ nhằm hỗ trợ cho công tác quản lý và khai thác bền vững tài nguyên NDĐ. Việc lựa chọn và áp dụng những chỉ số phù hợp với vùng nghiên cứu, rồi nhân rộng là phương pháp ít tốn kém và mang lại hiệu quả cao.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về khai thác bền vững cũng được thực hiện từ khá sớm với các nghiên cứu về tiềm năng NDĐ. Năm 2005, trong báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học độc lập cấp Nhà nước *"Đánh giá tính bền vững của việc khai thác sử dụng tài nguyên nước ngầm lãnh thổ Việt Nam. Định hướng khai thác, sử dụng hợp lý và bảo vệ nước ngầm đến năm 2020*" [10] do Bùi Học làm chủ nhiệm, các tác giả đã phân vùng định hướng khai thác NDĐ theo tiêu chí cơ bản. Đề tài cũng đưa ra tính bền vững của việc khai thác sử dụng nước ngầm được thể hiện qua các khía cạnh của tính bền vững: bền vững về tài nguyên môi trường, bền vững về kỹ thuật, bền vững về tài chính, bền vững về xã hội, bền vững về kinh tế và bền vững về thể chế, quản lý. Các đề tài, báo cáo khác cũng đề cập đến các tiêu chí phân vùng khai thác bền vững như Nguyên Văn Lâm (2011) thực hiện ở Hà Nội [9], Đoàn Văn Cánh (2015) thực hiện ở đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng Nam Bộ [4].

Nam Định là một tỉnh ven biển đồng bằng Bắc Bộ với nguồn tài nguyên NDĐ nhạt tương đối hạn chế. Với tốc độ phát triển kinh tế xã hội nhanh chóng, áp lực lên nguồn tài nguyên NDĐ ngày càng gia tăng. Những thay đổi mạnh về cơ cấu kinh tế, gia tăng phát triển các ngành công nghiệp - dịch vụ, các đổi mới trong chính sách quản lý đất đai, sự hình thành các khu, cụm công nghiệp sẽ làm thay đổi mạnh mẽ cơ cấu trong nhu cầu khai thác, sử dụng nước, kể cả về chất lượng và số lượng. Nếu không có những giải pháp điều hòa, phân bổ và bảo vệ nguồn NDĐ đảm bảo hài hòa lợi ích giữa các đối tượng, các ngành sử dụng nước thì việc khai thác, sử dụng NDĐ sẽ không bảo đảm hiệu quả tổng hợp về kinh tế - xã hội và môi trường.

2. Tổng quan khu vực nghiên cứu

2.1. Đặc điểm tự nhiên vùng nghiên cứu

Vùng nghiên cứu nằm phía Nam thuộc đồng bằng Bắc Bộ, tương đối bằng phẳng, chủ yếu là đồng bằng thấp trũng và đồng bằng ven biển. Khu vực phía Tây Bắc tập trung số ít đồi núi thấp. Khí hậu nhiệt đới gió mùa nóng ẩm, một năm chia 2 mùa khô và mưa rõ rệt. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10, thường xuyên có gió mùa Đông Nam và mưa rào, thỉnh thoảng có bão. Mùa khô kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, trong mùa này có gió mùa Đông Bắc kèm theo mưa phùn, nhiệt độ xuống thấp.

Vùng nghiên cứu có mạng lưới sông ngòi phát triển khá dày đặc, càng ra biển sông ngòi phát triển càng nhiều. Chảy qua vùng nghiên cứu có các sông: sông Hồng, sông Đáy, sông Đào và sông Ninh Cơ. Nhìn chung chế độ dao động mực nước trên các sông này phụ thuộc vào lượng mưa và chế độ thuỷ triều.

2.2. Đặc điểm địa chất thuỷ văn vùng nghiên cứu

Đặc điểm địa chất thuỷ văn tại đây được nghiên cứu từ khá sớm với các công trình của E. Saurin [13] về vùng trũng Hà Nội, J. Fromaget (1939 - 1952) [20], A.E. Dovjicov [18], Hoàng Ngọc Kỷ [8], Cao Sơn Xuyên [17], Đỗ Trọng Sự [14], Vũ Nhật Thắng [16], Nguyễn Văn Độ [6], Đoàn Văn Cánh [3, 4], Đặng Đình Phúc [12], Vũ Đình Hùng [15], Nguyễn Văn Đản [5], Phạm Quý Nhân [11],...và nhiều tác giả khác. Cơ bản điều kiện địa chất thuỷ văn khu vực nghiên cứu đã làm sáng tỏ.

Đặc điểm địa chất thuỷ văn vùng nghiên cứu được chia thành các tầng chứa nước và các lớp cách nước như sau:

- Tầng chứa nước Holocen trên (qh_2) là tầng chứa nước thứ nhất kể từ mặt đất phân bố rộng khắp trong vùng từ Tây sang Đông. Thành phần thạch học là cát, cát sét, sét, cát bột sét và các di tích động thực vật màu xám, xám đen cấu tạo mềm bở. Nước được tồn tại và vận động dưới dạng nước lỗ hổng. Chiều dày tầng chứa nước biến đổi từ 2 - 28 m, ít khi gặp chiều dày lớn hơn, trung bình là 13,3 m. Độ sâu mực nước tĩnh trong khoảng 2 - 5 m dưới mặt đất, động thái biến động mạnh theo mùa. Mức độ chứa nước của tầng ở mức độ nghèo đến trung bình. Tầng phần lớn bị mặn.

- Tầng chứa nước Holocen dưới (qh_1) phân bố rộng khắp vùng, không lộ trên mặt. Tầng chứa nước bao gồm các trầm tích sông biển, biển đầm lầy và trầm tích biển thuộc hệ tầng Hải Hưng dưới. Thành phần thạch học chủ yếu là cát hạt mịn, cát

bột sét, sét bột lẫn cát và các thấu kính sét xen kẹp trong tầng. Tầng chứa nước này có chiều dày khá ổn định và thường biến đổi trong khoảng 1,3 - 27,5m, trung bình đạt khoảng 12,25 m. Độ sâu mực nước trong khoảng 0,5 - 3,4 m dưới mặt đất, động thái biến động mạnh theo mùa. Tầng có khả năng chứa nước tương đối tốt nhưng chất lượng kém, hầu hết bị mặn.

- Tầng chứa nước Pleistocen (qp) phân bố rộng khắp vùng, không lộ trên mặt và thành phần chủ yếu là trầm tích sông hệ tầng Vĩnh Phúc và Lệ Chi. Thành phần thạch học chủ yếu là cát sạn sỏi thạch anh có lẫn ít cuội đa khoáng, phần phía trên và phần dưới là các tập hạt mịn cát, bột sét xen kẹp hoặc dạng thấu kính. Chiều dày tổng cộng tầng chứa nước biến đổi từ 10 m đến 78 m, chiều dày trung bình toàn tầng chứa nước là 45,07 m. Mực nước áp lực trong tầng khá cao, chỉ khoảng 0 - 2,5 m dưới mặt đất, và một số nơi cao hơn mặt đất, động thái ít bị ảnh hưởng bởi mùa. Mức độ chứa nước của tầng khá giàu. Trong tầng tồn tại ranh giới mặn nhạt khá rõ ràng. Chất lượng nước ở vùng nhạt khá tốt.

- Nước khe nứt TCN Pliocen (m_4) bao gồm toàn bộ các trầm tích hệ tầng Vĩnh Bảo (N_2vb). Phân bố rộng trong vùng, không lộ trên mặt, bị các trầm tích trẻ phủ kín. Thành phần thạch học gồm cát kết hạt nhỏ đến trung lẫn sạn sỏi các lớp bột kết, sét kết. Nước được tồn tại trong tầng này dưới dạng khe nứt. Chiều dày biến đổi từ 35 - 85 m, trung bình 65,66 m. Chiều sâu mực nước khá nông, từ 0,6 m - 1,2 m. Tầng chứa nước là được xếp vào giàu nước. Nước phần lớn là nhạt, nhưng mức độ nghiên cứu hạn chế. Động thái NDĐ khá ổn định trong năm.

- Nước khe nứt - karst TCN Triat giữa (t_2), bao gồm toàn bộ các trầm tích đá vôi hệ Triat thống giữa, hệ tầng Đồng Giao phân bố phía Tây Nam vùng nghiên cứu. Thành phần thạch học chủ yếu là đá vôi màu xám, xám đen, phớt hồng, cấu tạo phân lớp dày đến dạng khối, nước được vận động và tồn tại dưới dạng khe nứt karst. Chiều dày tổng cộng khoảng 720, chiều dày chứa nước khoảng 100 m. Mực nước tương đối nông, cách mặt đất 0,2m. Động thái nước dưới đất chỷ yếu theo mùa. Khả năng chứa nước tốt.

3. Các phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp tổng hợp, phân tích và thống kê số liệu, tài liệu

Thu thập, hệ thống hóa, xử lý, phân tích đánh giá các nguồn số liệu tự liệu từ các đề án, dự án, đề tài nghiên cứu khoa học, công nghệ đã có từ trước. Thống kê các tài liệu và xác định các quy luật tự nhiên. Đặc biệt các tài liệu về quan trắc khí tượng, thuỷ văn, hải văn đo độ mặn cho khu vực Nam Định từ năm 2005 đến 2019.

3.2. Phương pháp điều tra khảo sát thực địa

Các đợt điều tra khảo sát thực địa được tiến hành với việc khảo sát đo đạc trực tiếp tại hiện trường các giếng khoan với các thông số mực nước, lưu lượng khai thác và chất lượng nước đã được thực hiện theo mùa. Các thông tin này được sử dụng làm đầu vào tính tổng lượng khai thác nước dưới đất. Trên cơ sở tổng hợp kết quả điều tra các quy mô cho thấy các đối tượng khai thác NDĐ trên địa bàn tỉnh cũng gồm 3 loại hình khai thác chính: nhóm các đơn vị cấp nước khai thác tập trung quy mô lớn; nhóm các tổ chức sản

xuất, dịch vụ không cấp nước khai thác quy mô lớn và quy mô nhỏ; nhóm các hộ gia đình khai thác quy mô nhỏ.

3.3. Phương pháp đánh giá tính tổn thương

Đối với địa bàn tỉnh Nam Định, tầng chứa nước qp nằm khá sâu và được bảo vệ tốt do các lớp cách nước, thấm nước yếu và TCN qh có chiều dày lớn. Hệ số thấm của các lớp cách nước và thấm nước yếu nhỏ. Chính vì vậy, tính tổn thương do khai thác NDĐ lớn nhất ở đây là vấn đề xâm nhập mặn. Khoảng cách hay diện tích phân bố giữa nước mặn, nước nhạt và các công trình khai thác nước nhạt và tỷ lệ phân bố nước nhạt và nước mặn trong TCN qp sẽ quyết định mức độ tổn thương của vùng.

Trong nghiên cứu sử dụng phương pháp đo sâu trường chuyển (Transient Electromagnetic Soundings - TEM) cho phép xác định sự biến đổi của giá trị điện trở suất của khung đất đá, qua đó cho phép xác định các dị thường của đất đá khảo sát đối với các lớp mặn nhạt khác nhau theo chiều sâu. Phương pháp này cho phép xác định điện trở xuất của các lớp đất đá nằm bên dưới lớp nước mặn với độ chính xác cao.

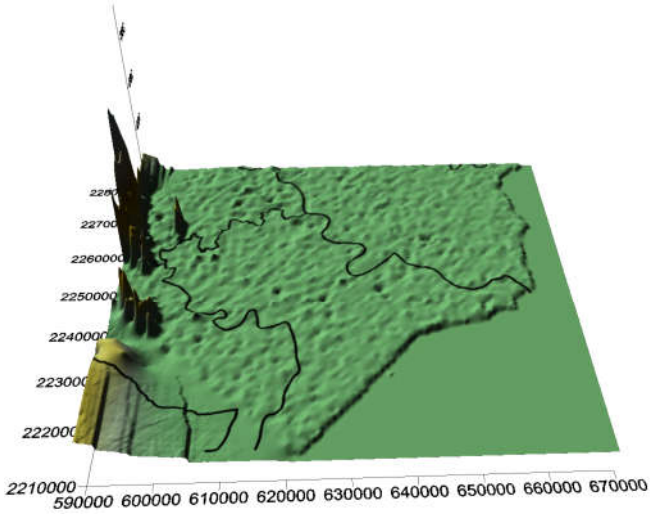
Kết quả của phương pháp đo sâu điện được xây dựng thành các mặt cắt sau:

- Mặt cắt đẳng ôm điện trở suất biểu kiến: Được xây dựng từ số liệu đo thực tế, cho phép ta quan sát được sự biến đổi điện trở suất biểu kiến theo chiều sâu và theo chiều tuyến đo trên tuyến.

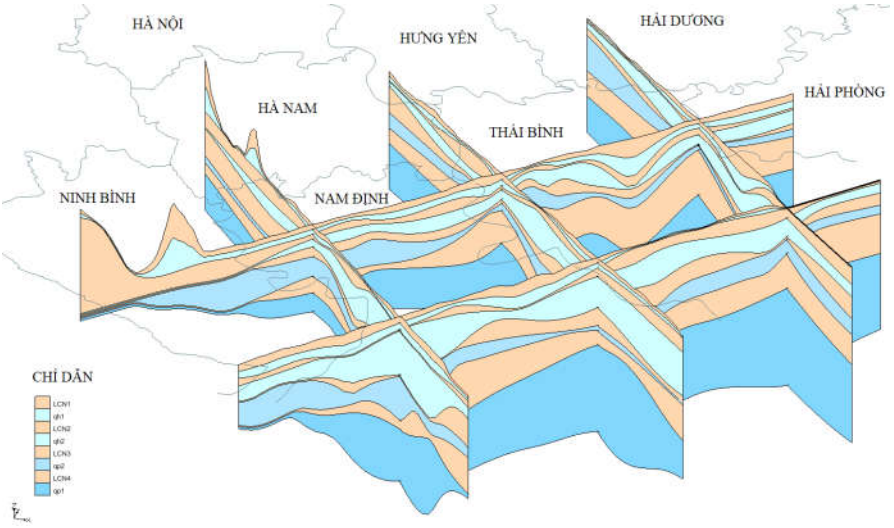
- Mặt cắt đẳng ôm mô hình điện trở suất: Là mặt cắt được xây dựng từ các số liệu điện trở suất được xử lý tính toán từ phần mềm chuyên dụng, trên mặt cắt cho ta biết được sự phân lớp của các lớp điện trở, cho biết được sự biến đổi của điện trở suất theo chiều sâu và theo tuyến đo.

3.4. Phương pháp tính toán trữ lượng nước dưới đất bằng mô hình số.

Mô hình số trong vùng nghiên cứu được xây dựng dựa trên các tài liệu thu thập, điều tra, khảo sát. Diện tích lập mô hình là 1584 km^2 chia thành 109 hàng và 209 cột, kích thước ô lưới là 500 x 500 m. Các dữ liệu bề mặt địa hình, cấu trúc địa chất thuỷ văn, điều kiện biên mô hình về mực nước, phân bố mặn nhạt được thiết lập dựa trên kết quả điều tra khảo sát.



Hình 1: Dữ liệu bề mặt địa hình Nam Định



Hình 2: Cấu trúc địa chất thuỷ văn khu vực trong đó có vùng Nam Định

3.5. Phương pháp đánh giá tính bền vững

Để đánh giá tính bền vững khai thác NDĐ sử dụng 6 tiêu chí:

Chỉ số 1 (I_1): Tài nguyên NDĐ có thể phục hồi/đầu người (gọi tắt là Chỉ số tổng lượng NDĐ trên đầu người);

Chỉ số 2 (I_2): Tổng lượng khai thác tài nguyên NDĐ/lượng cung cấp cho NDĐ (gọi tắt là Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập);

Chỉ số 3 (I_3): Tổng lượng khai thác tài nguyên NDĐ/tổng tài nguyên NDĐ có khả năng khai thác (gọi tắt là Chỉ số sử dụng NDĐ so với tiềm năng);

Chỉ số 4 (I_4): Tổng lượng nước NDĐ cho sinh hoạt/tổng lượng sinh hoạt (gọi tắt là Chỉ số nước cho sinh hoạt);

Chỉ số 5 (I_5): Chỉ số cạn kiệt NDĐ;

Chỉ số 6 (I_6): Chỉ số khả năng tổn thương NDĐ;

Đến nay, UNESCO đã đúc kết được khoảng 100 chỉ số có liên quan đến NDĐ. Nhìn chung, các chỉ số này đều cung cấp thông tin về số lượng, chất lượng NDĐ (hiện trạng và xu hướng), xã hội (những vấn đề ảnh hưởng, khai thác và sử dụng NDĐ), kinh tế (các yêu cầu về khai thác, bảo vệ và xử lý NDĐ) và môi trường (dễ bị tổn thương, cạn kiệt, ô nhiễm nguồn NDĐ).

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Chỉ số I_1 tổng lượng NDĐ trên đầu người

Chỉ số I_1 được xác định dựa trên diện tích, dân số và trữ lượng động của tầng chứa nước.

Bảng 1. Diện tích và dân số của các huyện và thành phố trên địa bàn tỉnh Nam

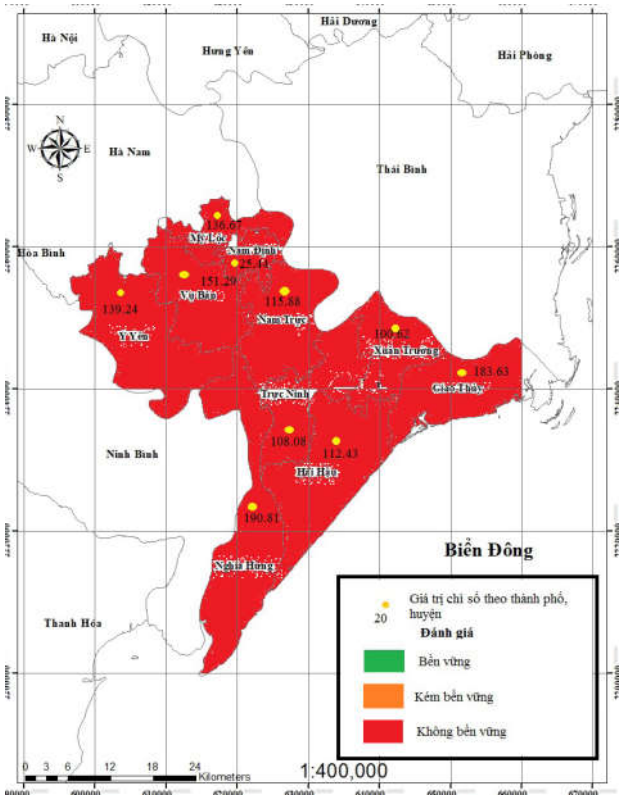
STT	Huyện/Thành phố	Diện tích (km^2)	Dân số (người)
1.	Tổng số	1668,56	1780865
2.	Thành phố Nam Định	46,41	236356
3.	Huyện Mỹ Lộc	74,49	72533
4.	Huyện Vụ Bản	152,81	130897

STT	Huyện/Thành phố	Diện tích (km²)	Dân số (người)
5.	Huyện Ý Yên	246,12	229067
6.	Huyện Nghĩa Hưng	258,89	175833
7.	Huyện Nam Trực	163,89	183290
8.	Huyện Trực Ninh	143,95	172603
9.	Huyện Xuân Trường	116,09	149519
10.	Huyện Giao Thủy	237,76	167796
11.	Huyện Hải Hậu	228,14	262971

Cục Thống kê tỉnh Nam Định năm, 2019

Bảng 2. Kết quả tính toán modun dòng ngầm cho từng khu vực

STT	Huyện/Thành phố	Diện tích (km²)	Mtb (L/s.km²)	Lượng nước có thể hồi phục (L/ngày)
1	Thành phố Nam Định	46,41	1.5	6014736
2	Huyện Mỹ Lộc	74,49	1.5	9913104
3	Huyện Vụ Bản	152,81	1.5	19804176
4	Huyện Ý Yên	246,12	1.5	31897152
5	Huyện Nghĩa Hưng	258,89	1.5	33552144
6	Huyện Nam Trực	163,89	1.5	21240144
7	Huyện Trực Ninh	143,95	1.5	18655920
8	Huyện Xuân Trường	116,09	1.5	15045264
9	Huyện Giao Thủy	237,76	1.5	30813696
10	Huyện Hải Hậu	228,14	1.5	29566944
Tổng		**1668,56**	**1.5**	**216245376**



Hình 3: Bản đồ chỉ số I_1 tổng lượng nước dưới đất trên đầu người

Cách tính chỉ số I_1:

$$\frac{\text{Tổng lượng NDĐ có thể hồi phục}}{\text{Tổng dân số}}$$

Thang đánh giá chỉ số bền vững NDĐ này theo đánh giá của UNESCO:

Thấp (ít căng thẳng): >1.000 l/ngày/người.

Trung bình: 500 - 1.000 l/ngày/người.

Cao (căng thẳng cao): ≤500 l/ngày/người.

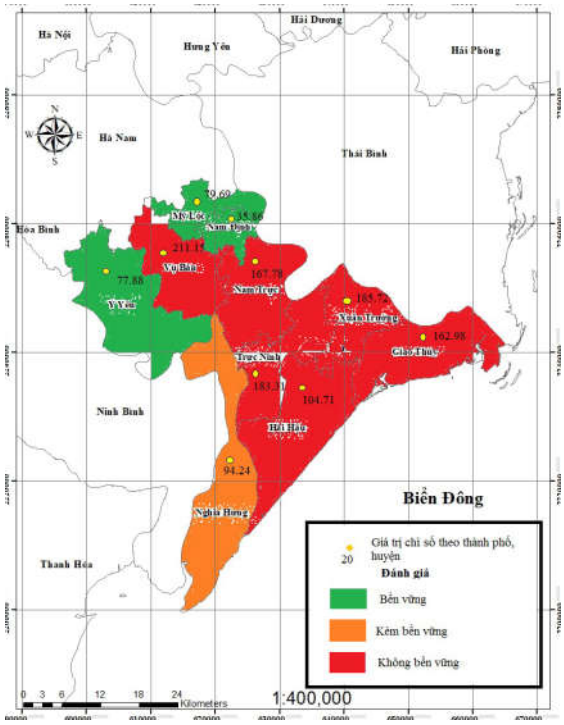
4.2. Chỉ số 2 (I_2): Tổng lượng khai thác tài nguyên NDĐ/lượng cung cấp cho NDĐ (gọi tắt là Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập)

Cách tính chỉ số I_2:

$$\frac{\text{Tổng lượng NDĐ thoát ra ngoài hệ thống}}{\text{Lượng bổ cập hàng năm}} \times 100$$

Bảng 3. Kết quả xác định Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập

TT	Huyện/Thành phố	Tổng lượng NDĐ thoát ra ngoài hệ thống NDĐ (m^3/ngày)	Lượng bổ cập (m^3/ ngày)	Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập (%)	Đánh giá
1	Thành phố Nam Định	2157	6014	35.86	Thấp
2	Huyện Mỹ Lộc	7899	9913	79.68	Thấp
3	Huyện Vụ Bản	41817	19804	211.15	Cao
4	Huyện Ý Yên	24843	31897	77.88	Thấp
5	Huyện Nghĩa Hưng	31622	33552	94.24	Trung bình
6	Huyện Nam Trực	35637	21240	167.78	Cao
7	Huyện Trực Ninh	34200	18656	183.31	Cao
8	Huyện Xuân Trường	27943	15045	185.72	Cao
9	Huyện Giao Thủy	50223	30814	162.98	Cao
10	Huyện Hải Hậu	30962	29567	104.71	Cao
Tổng		287303	216245	132.85	Cao



Hình 4: Bản đồ chỉ số I_2 sử dụng nước dưới đất so với bổ cập

Thang đánh giá chỉ số này như sau:

- Thấp: < 90% (Bền vững).

- Trung bình: 90 - 100% (Bền vững trung bình).

- Cao: > 100% (Không bền vững).

4.3. Chỉ số sử dụng NDĐ so với tiềm năng (I_3)

Cách tính chỉ số I_3

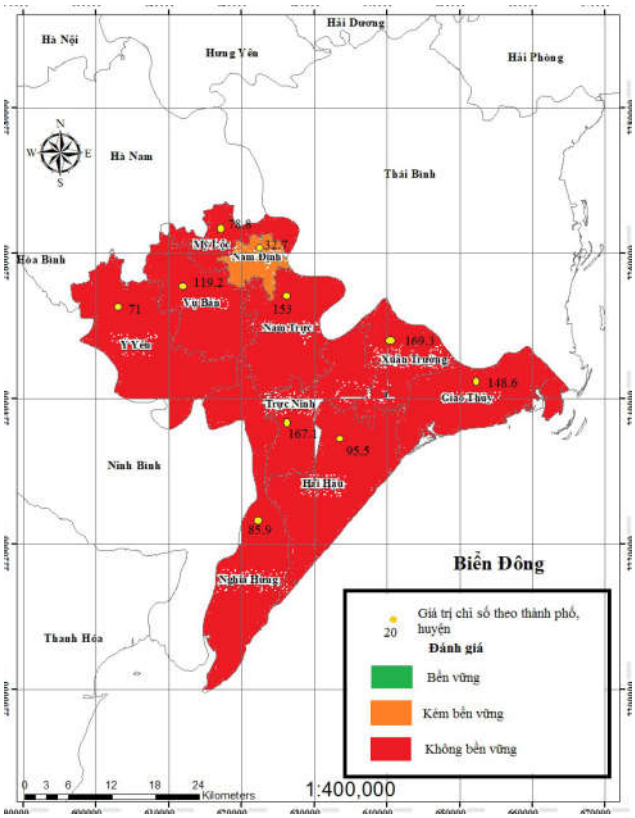
$$\frac{\text{Tổng lượng khai thác NDĐ}}{\text{Tổng tài nguyên NDĐ có thể khai thác}} \text{ x100}$$

Thang đánh giá chỉ số này như sau:

- Thấp: < 25% (Bền vững).

Trung bình: 25 - 40% (Bền vững trung bình).

Cao: ≥ 40% (Không bền vững).



Hình 5: Bản đồ chỉ số I_3 sử dụng NDĐ so với tiềm năng

4.4. Chỉ số 4 (I_4): Tổng lượng nước NDĐ cho sinh hoạt/tổng lượng sinh hoạt (gọi tắt là Chỉ số nước cho sinh hoạt)

Cách tính chỉ số I_4:

$$\frac{\text{Tổng lượng NDĐ khai thác cho sinh hoạt}}{\text{Tổng lượng nước cho sinh hoạt}} \text{ x100}$$

Thang đánh giá cho chỉ số này như sau:

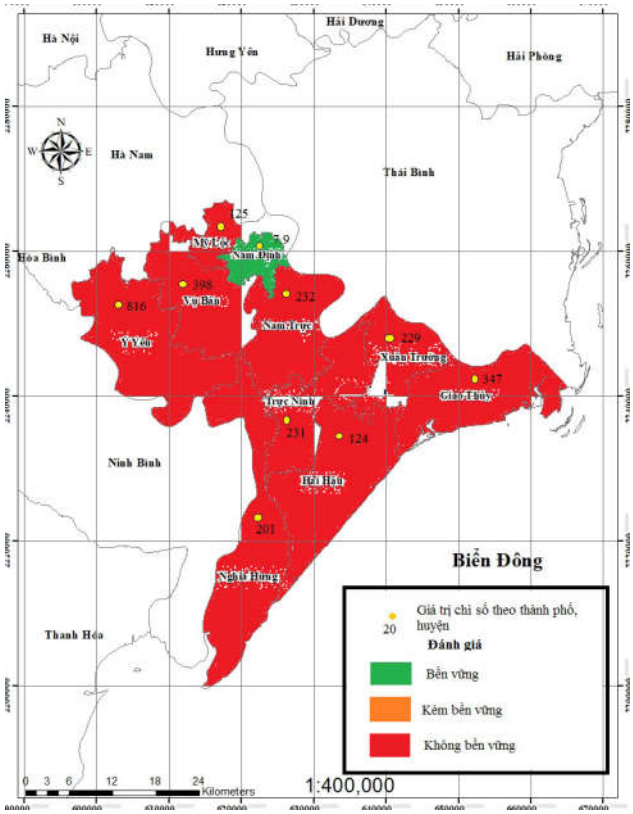
- Thấp: < 25%.

- Trung bình: 25 - 50%.

- Cao: ≥ 50%.

Bảng 4. Kết quả xác định chỉ số sử dụng NDĐ cho sinh hoạt

STT	Thành phố/ Huyện	Tổng lượng NDĐ cho sinh hoạt (m^3)	Tổng lượng khai thác NDĐ cho sinh hoạt (m^3)	Chỉ số sử dụng NDĐ cho sinh hoạt (%)	Đánh giá
1	TP Nam Định	21923	1744	7.9	Thấp
2	H. Mỹ Lộc	5229	6583	125.8	Cao
3	H. Vụ Bản	9383	37412	398.7	Cao
4	H. Ý Yên	2613	21336	816.3	Cao
5	H. Nghĩa Hưng	12949	26032	201	Cao
6	H. Nam Trực	13365	31068	232.4	Cao
7	H. Trực Ninh	13060	30231	231.4	Cao
8	H. Xuân Trường	10722	24821	229.5	Cao
9	H. Giao Thủy	12207	42384	347.1	Cao
10	H. Hải Hậu	19171	23921	124.77	Cao
Tổng		134373	249850	185.93	Cao



Hình 6: Bản đồ chỉ số I_4 sử dụng NDĐ cho sinh hoạt

4.5. Chỉ số 5 (I_5): Chỉ số cạn kiệt NDĐ

Chỉ số này được xác định theo tiêu chí hạ thấp mực nước từ các tài liệu quan trắc của Trung tâm dự báo và cảnh báo tài nguyên nước và Trung tâm quan trắc và phân tích tài nguyên môi trường tỉnh Nam Định.

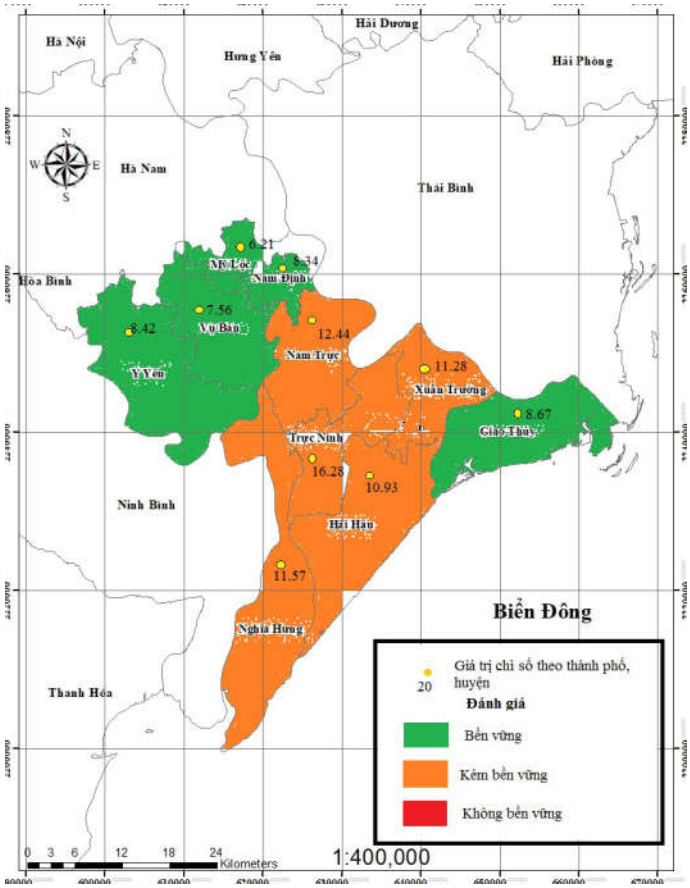
Thấp: < 10m (Bền vững).

Trung bình: 10 - 25 m (Bền vững trung bình).

Cao: ≥ 25m (Không bền vững).

Bảng 5. Tổng hợp độ sâu mực nước

STT	Huyện/Thành phố	Mực nước(m)	Đánh giá
1	Thành phố Nam Định	8.34	Thấp
2	Huyện Mỹ Lộc	6.21	Thấp
3	Huyện Vụ Bản	7.56	Thấp
4	Huyện Ý Yên	8.42	Thấp
5	Huyện Nghĩa Hưng	11.57	Trung bình
6	Huyện Nam Trực	12.44	Trung bình
7	Huyện Trực Ninh	16.28	Trung bình
8	Huyện Xuân Trường	11.28	Trung bình
9	Huyện Giao Thủy	8.67	Thấp
10	Huyện Hải Hậu	10.93	Trung bình
Trung bình		10.2	Trung bình



Hình 7: Bản đồ chỉ số cạn kiệt NDĐ

4.6. Chỉ số 6 (I_6): Chỉ số khả năng tổn thương NDĐ

Chỉ số này được xác định theo công thức:

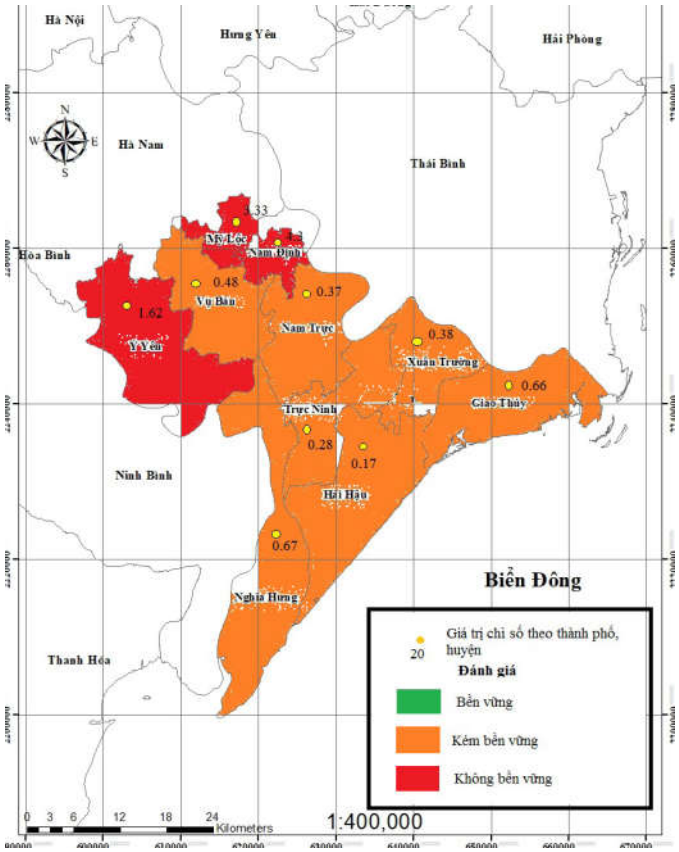
$$I = F_{mặn}/F_{nhạt}$$

Thang đánh giá chỉ số này như sau:

- Thấp: I < 1.
- Trung bình: I = 1
- Cao: I > 1.

Bảng 6. Thống kê tài nguyên nước mặt và nhạt

Đơn vị	Diện tích phân bố TNN mặn (km²)	Diện tích phân bố TNN nhạt (km²)	Kết quả xác định chỉ số I	Đánh giá mức độ tổn thương
TP. Nam Định	65.468	14.764	4.43	Cao
H. Mỹ Lộc	97.671	29.243	3.33	Cao
H. Nam Trực	93.332	250.548	0.37	Thấp
H. Ý Yên	276.428	169.724	1.62	Cao
H. Vụ Bản	102.173	211.797	0.48	Thấp
H. Trực Ninh	69.922	246.730	0.28	Thấp
H. Nghĩa Hưng	198.178	293.946	0.67	Thấp
H. Xuân Trường	66.722	171.100	0.38	Thấp
H. Hải Hậu	73.317	412.338	0.17	Thấp
H. Giao Thủy	150.856	227.300	0.66	Cao
Tổng	**969894**	**1387852**	**0.69**	**Cao**



Hình 8: Bản đồ chỉ số I6 khả năng tổn thương nước dưới đất

5. Đánh giá chung

Nhóm 1 - Các chỉ kém quan trọng nhất, gồm 2 chỉ số:

+ Chỉ số lượng NDĐ trên đầu người.

+ Chỉ số nước cho sinh hoạt.

Nhóm 2 - Các chỉ ít quan trọng hơn, gồm 2 chỉ số:

+ Chỉ số cạn kiệt NDĐ.

+ Chỉ số khả năng tổn thương NDĐ.

Nhóm 3

+ Các chỉ số quan trọng, gồm 2 chỉ số:

+ Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập.

+ Chỉ số sử dụng NDĐ so với tiềm năng.

Bảng 7. Tổng hợp các chỉ số NDĐ tỉnh Nam Định

Vùng tính toán		Các chỉ số nước dưới đất					
		Chỉ số lượng NDĐ trên đầu người	**Chỉ số nước cho sinh hoạt**	**Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập**	**Chỉ số sử dụng NDĐ so với tiềm năng**	**Chỉ số cạn kiệt NDĐ**	**Chỉ số khả năng tổn thương NDĐ**
TP Nam Định		25.44	7.9	35.86	32.7	8.34	4.43
H. Mỹ Lộc		136.67	125.8	79.68	78.8	6.21	3.33
H. Vụ Bản		151.29	398.7	211.15	119.2	7.56	0.37
H. Ý Yên		139.24	816.3	77.88	71	8.42	1.62
H. Nghĩa Hưng		190.81	201	94.24	85.9	11.57	0.48
H. Nam Trực		115.88	232.4	167.78	153	12.44	0.28
H. Trực Ninh		108.08	231.4	183.31	167.1	16.28	0.67
H. Xuân Trường		100.62	229.5	185.72	169.3	11.28	0.38
H. Giao Thủy		183.63	347.1	162.98	148.6	8.67	0.17
H. Hải Hậu		112.43	124.77	104.71	95.5	10.93	0.66
Tổng		**121.42**	**185.93**	**132.85**	**121.1**	**10.2**	**0.69**
Thang điểm đánh giá theo các chỉ số							
Đánh giá	Bền vững	>1.000	<25%	<90%	<25%	H=0-10 m	I=1
	Bền vững trung bình	500 - 1.000	25 - 50%	90 - 100%	25 - 40%	H=10 - 25 m	I<1
	Không bền vững	<500	>50%	>100%	>40%	H>25m	I>1

6. Kết luận

Kết quả đánh giá tính bền vững trong khai thác NDĐ cùng Nam Định cho thấy: Chỉ số lượng NDĐ trên đầu người cho thấy toàn vùng chịu áp lực cao vì tỉnh đang sử dụng NDĐ cho nhiều mục đích cần các chính sách bổ sung nguồn nước mặt với tỉ lệ cao; Chỉ số nước cho sinh hoạt cho thấy toàn tỉnh chỉ có 1/10 khu vực có mức phụ thuộc nguồn NDĐ cho sinh hoạt thấp. Đây là nhưng khu vực khó khăn về nguồn NDĐ hoặc đã có hệ thống cấp nước từ nguồn nước mặt nên tiếp tục phát triển nguồn nước mặt; Chỉ số sử dụng NDĐ so với lượng bổ cập cho thấy dấu hiệu khai thác NDĐ cao toàn tỉnh có 6/10 khu vực lượng khai thác vượt quá lượng bổ cập hàng năm cho hệ thống NDĐ. Đây là những khu vực cần giảm lượng khai thác NDĐ và kiểm soát chặt chẽ hoạt động khai thác NDĐ; Chỉ số sử dụng NDĐ so với tiềm năng cho thấy dấu hiệu khai thác NDĐ vượt trữ lượng tiềm năng nhiều nơi: toàn tỉnh có 9/10 khu vực có lượng khai thác NDĐ vượt mức cao. Đây là những khu vực thiếu NDĐ nên cần giảm lượng khai thác NDĐ, kiểm soát nghiêm ngặt hoạt động khai thác và tăng cường sử dụng nguồn nước mặt; Chỉ số cạn kiệt NDĐ cho thấy mức độ cạn kiệt nguồn NDĐ: toàn tỉnh có 5/10 khu vực có mức độ cạn kiệt cao. Đây là những khu vực cần hạn chế hoặc cấm khai thác NDĐ và chuyển sang sử dụng nguồn nước mặt; Kết quả tính toán Chỉ số khả năng tổn thương NDĐ cho thấy mức ô niễm nguồn NDĐ toàn tỉnh ở mức ô nhiễm trung bình cần có những biện pháp để ngăn nhiễm mặn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tiến hành trong khuôn khổ các hoạt động của đề tài *"Nghiên cứu ngưỡng khai thác an toàn phục vụ khai thác bền vững nước dưới đất tầng chứa nước lỗ hổng Pleistocen*

vùng Nam Định" do Sở KHCN Nam Định tài trợ. Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự cộng tác cùng tham gia thực hiện và đã động viên giúp đỡ trong quá trình hoàn thiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TV Nguyen, A Weller, DN Tang (2010), *Geophysical measurements in coastal area of Nam Dinh province (Vietnam) for delineation of aquifers*. Near surface 2010-16th EAGE European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, cp-164-00098.

[2]. J Vrba, A Lipponen (2007). *Groundwater Resources Sustainability Indicators*. Groundwater Indicators Working Group UNESCO, IAEA, IAH. IHP-VI, UNESCO. Series on Groundwater, 14, 123.

[3]. Đoàn Văn Cánh (1996). *Tài nguyên môi trường NDĐ vùng Nam Định - Hà Nam*. Đề tài KHCN cấp Bộ, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[4]. Đoàn Văn Cánh (2015). *Nghiên cứu đề xuất các tiêu chí và phân vùng khai thác bền vững, bảo vệ tài nguyên nước dưới đất vùng đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng Nam Bộ*. KC.08.06/11-15, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[5]. Nguyễn Văn Đản (2009). *Nghiên cứu, áp dụng tổ hợp các phương pháp ĐCTV, ĐVL, mô hình số để điều tra, đánh giá nhiễm mặn và tìm kiếm các thấu kính hoặc TCN nhạt dải ven biển Nam Định*. Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc.

[6]. Nguyễn Văn Độ (1996). *Lập bản đồ địa chất thủy văn 1:50.000 vùng Nam Định*. Lưu trữ địa chất, Đoàn 47.

[7]. Hoàng Văn Hoan (2014). *Nghiên cứu xâm nhập mặn nước dưới đất trầm tích đệ tứ vùng Nam Định*. Luận án Tiến sỹ Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

[8]. Hoàng Ngọc Kỷ (1978). *Những nét chính địa chất Đệ tứ đồng bằng Bắc Bộ*. Lưu trữ Địa chất.

[9]. Nguyễn Văn Lâm (2011). *Phân vùng cấm, vùng hạn chế khai thác nước dưới đất thành phố Hà Nội*. Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

[10]. Bùi Học và nnk (2005). *Đánh giá tính bền vững của việc khai thác sử dụng tài nguyên nước ngầm lãnh thổ Việt Nam. Định hướng khai thác, sử dụng hợp lý và bảo vệ nước ngầm đến năm 2020*. Đề tài độc lập cấp Nhà nước, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[11]. Frank Wagner, Phạm Quý Nhân, Jens Bhomer, Đỗ Tiến Hùng (2011). *Tăng cường bảo vệ NDĐ ở Việt Nam*. Dự án Chính phủ CHLB Đức.

[12]. Đặng Đình Phúc (2000). *Nghiên cứu đánh giá tiềm năng, hiện trạng khai thác và dự báo cạn kiệt, xâm nhập mặn khu vực Hải Hậu - Giao Thuỷ thuộc vùng duyên hải tỉnh Nam Định*. Đề tài NCKH - Cục Quản lý Tài nguyên nước.

[13]. E. Saurin (1924). *Nghiên cứu về vùng trũng Hà Nội*. Lưu trữ Địa chất.

[14]. Đỗ Trọng Sự (1986). *Địa chất thủy văn - địa chất công trình vùng đồng bằng Bắc Bộ.* Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản.

[15]. Nguyễn Văn Hoàng, Vũ Đình Hùng (2003). *Nghiên cứu nguyên nhân làm suy thoái chất lượng NDĐ vùng duyên hải Nam Định và các biện pháp khắc phục*. Đề tài NCKH - Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.

[16]. Vũ Nhật Thắng, Vũ Quang Lân (1997). *Những dẫn liệu mới về địa chất Đệ tứ vùng Thái Bình - Nam Định và phụ cận*. Tạp chí Bản đồ Địa chất (1), tr. 48 - 52.

[17]. Cao Sơn Xuyên (1985). *Địa chất thủy văn, địa chất công trình 1:200.000 tờ Hải Phòng - Nam Định*. Đoàn 63,Liên đoàn 2.

[18]. A.E Dovjicov (1965). *Bản đồ địa chất miền Bắc Việt Nam tỷ lệ 1:500.000*. Lưu trữ Địa chất.

[19]. American Society of Civil Engineers (2005). *Intensive groundwater use: silent revolution and potential source of social conflicts*.

[20]. J. Fromaget (1939). *Bản đồ địa chất Đông Dương tỷ lệ 1:200.000*. Lưu trữ Địa chất.

[21]. Paul Seward, Xu, Yongxin and Brendonck, Luc (2006). *Sustainable groundwater use, the capture principle, and adaptive management*. Water Sa. 32(4).

[22]. Thomas E Reilly William M Alley, O Lehn Franke (1999). *Sustainability of groundwater resources*. US Department of the Interior, US Geological Survey.

BBT nhận bài: 15/9/2021; Phản biện xong: 12/10/2021; Chấp nhận đăng: 01/12/2021