

ĐÁNH GIÁ TRỮ LƯỢNG NƯỚC MƯA THU GOM TỪ MÁI NHÀ CAO TẦNG PHỤC VỤ BỔ SUNG NHÂN TẠO NƯỚC DƯỚI ĐẤT CHO KHU VỰC HOÀNG MAI, HÀ NỘI

BÙI THANH HUYỀN¹, TRẦN THỊ LỰU^{2*}

¹ Trường Khoa học Liên ngành và Nghệ thuật,
Đại học Quốc gia Hà Nội

^{2*} Trường Đại học Khoa học Tự nhiên,
Đại học Quốc gia Hà Nội

Tóm tắt:

Thời gian qua, tình trạng đô thị hóa và gia tăng dân số nhanh ở khu vực Quận Hoàng Mai, Hà Nội đã tạo áp lực lên tài nguyên nước. Nhu cầu sử dụng nước tăng làm mực nước dưới đất bị suy giảm, gây sụt lún mặt đất và ngập úng đô thị. Lượng mưa diễn biến bất thường làm giảm lượng cung cấp thấm và tăng lượng chảy tràn bề mặt. Nghiên cứu này tập trung vào đánh giá trữ lượng nước mưa có thể thu gom từ mái nhà cao tầng ở khu vực quận Hoàng Mai sử dụng để bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất bằng nước mưa. Các phương pháp nghiên cứu được áp dụng bao gồm: (i) Xác định và tính diện tích mái nhà cao tầng trong khu vực nghiên cứu bằng Google Earth; (ii) khảo sát, đo đạc thực tế để kiểm chứng kết quả tính diện tích mái nhà trên Google Earth và diện tích trống xung quanh tòa nhà; (iii) Tính toán tổng lượng mưa thu gom từ mái nhà. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tại khu vực Hoàng Mai có 151 tòa nhà cao từ 9 tầng trở lên với tổng diện tích mái nhà là 147.544 m², với lượng nước mưa thu gom được từ mái nhà trung bình giai đoạn 2013-2022 là 258.497m³/năm, tương đương 708m³/ngày. Ngoài ra, lượng nước mưa thu gom từ mái nhà trong trận mưa kéo dài 2 giờ trong ngày 11/5/2021 lên tới 6197 m³/2 giờ. Do đó, nghiên cứu đề xuất giải pháp tiến hành thu gom nước mưa từ các mái nhà để bổ sung nhân tạo nước dưới đất bằng phương pháp ép nước giếng khoan vào tầng chứa nước Pleistocen, ngoài việc tăng trữ lượng nước dưới đất còn góp phần quan trọng vào việc giảm thiểu ngập úng đô thị và hạn chế sụt lún mặt đất.

Từ khóa: *Bổ sung nhân tạo, thu gom nước mưa, nước dưới đất, Hoàng Mai.*

Ngày nhận bài: 6/6/2024; Ngày sửa chữa: 13/6/2024;

Ngày duyệt đăng: 25/6/2024.

EVALUATION OF RAINWATER HARVESTING FROM ROOFTOPS FOR ARTIFICIAL GROUND WATER RECHARGE IN HOANG MAI, HANOI

Abstract:

Urbanization and rapid population growth have put pressure on water resources and the environment in Hoang Mai District, Hanoi. Increased water demand leads to a decline in groundwater levels, leading to increased ground subsidence and urban flooding. The above problems are also amplified in the context of urbanization and abnormal rainfall due to reduced infiltration supply and increased surface runoff. This study focuses on evaluating the amount of rainwater that can be collected from the roofs of high-rise buildings in Hoang Mai district and used to artificial groundwater recharge. The study methods include: Identifying and calculating the roof area of high-rise buildings in the study area using Google Earth; Conducting survey and field site measurements to verify the results of calculating the roof area on Google Earth; Calculating the total amount of rain collected from the roof. The results show that 151 buildings with a total roof area of 147,544 m² can be used for collecting rainwater. The amount of rainwater collected from the roofs of 151 high-rise buildings in Hoang Mai calculated according to the average rainfall in the 2013-2022 period is 258,497m³/year, equivalent to 708m³/day. In addition, the amount of rainwater collected from the 151 roofs during a 2-hour rain on May 11, 2021 up to 6197 m³/2h. Therefore, the study proposes a solution to harvest rainwater from rooftops for artificial groundwater recharge using wells to inject rainwater down into the Pleistocene aquifer, which contributes to increasing of groundwater resource for main aquifer, reducing urban flooding and mitigating land subsidence.

Keywords: *Artificial groundwater recharge, rainwater harvesting from rooftops, groundwater, Hoang Mai district.*

JEL Classifications: Q54,O13,O44.

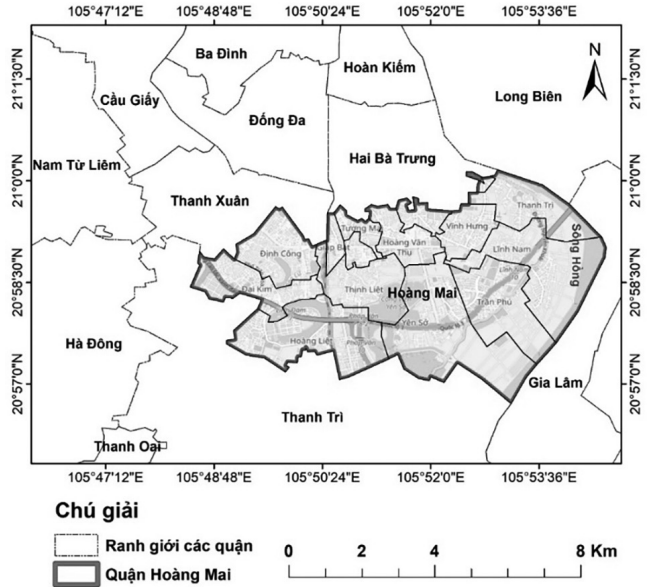
1. Đặt vấn đề

1.1. Khu vực nghiên cứu

Quận Hoàng Mai nằm ở phía Đông Nam Hà Nội, phía Bắc quận Hoàng Mai tiếp giáp quận Thanh Xuân, Hai Bà Trưng; phía Tây và Nam giáp huyện Thanh Trì, phía Đông giáp sông Hồng, quận Long Biên (Hình 1).

Quận Hoàng Mai là quận có tốc độ đô thị hóa và xây dựng cơ sở hạ tầng cao trong số các quận huyện mới của Thủ đô. Đây cũng là khu vực có mật độ dân số tương đối lớn, tốc độ gia tăng dân số cao dẫn đến nhu cầu sử dụng nước cũng không ngừng gia tăng trong những năm gần đây. Khu vực Hoàng Mai có 3 nhà máy khai thác nước dưới đất hiện đang hoạt động bao gồm: Nhà máy nước Pháp Vân với công suất khai thác khoảng 5.000 m³/ngày; Nhà máy nước Tương Mai với công suất khoảng 15.000 m³/ngày và nhà máy nước Nam Dư hoạt động với công suất khoảng 50.000 m³/ngày (Quyết định số 554/QĐ-TTg, 2021).

Nhu cầu khai thác nước dưới đất lớn, trong khi tốc độ đô thị hóa nhanh đã và đang làm giảm nguồn bổ sung, tái tạo cho nước dưới đất dẫn đến mực nước dưới đất liên tục bị giảm mạnh (Trung tâm Quy hoạch và điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2022). Hiện nay, độ sâu của nước dưới đất trên địa bàn quận Hoàng Mai dao động trong khoảng 8 - 18m (Trung tâm Quy hoạch và điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2023). Theo tài liệu quan trắc động thái nước dưới đất tại các nhà máy nước này cho thấy mực nước dưới đất liên tục bị hạ thấp. Mực nước bị hạ thấp trong khi lượng cung cấp thấm lại giảm dẫn đến gia tăng sụt lún mặt đất. Trong nghiên cứu của Dang & nnk, 2014 về sụt lún đất do phát triển đô thị nhanh tại đây sử dụng dữ liệu ALOS InSAR đã cho thấy tốc độ lún trung bình lớn nhất khoảng 68,0mm/năm, các đới hình thành lớn hơn tương ứng với ba khu vực chính ở Hoàng Mai, quận Hà Đông - Thanh Xuân và quận Hoài Đức - Từ Liêm, trong đó khu vực quận Hoàng Mai có tốc độ sụt lún trung bình lớn hơn 30,0mm/năm với tốc độ tối đa đạt 68,0mm/năm (Dang & nnk, 2014). Bên cạnh đô thị hóa và nhu cầu khai thác nước dưới đất lớn, diễn biến về lượng mưa, tần suất và cường độ mưa thay đổi đã làm ảnh hưởng không nhỏ tới khả năng tái tạo nguồn nước dưới đất cũng như làm cường hóa hiện tượng ngập úng đô thị, hệ quả của lượng mưa lớn bất thường và độ cao địa hình giảm do sụt lún mặt đất.



▲ Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

Theo Quyết định số 554 của Thủ tướng Chính phủ ngày 6/4/2021 về việc Phê duyệt Điều chỉnh Quy hoạch cấp nước Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, việc điều chỉnh quy hoạch 3 Nhà máy nước Nam Dư, Tương Mai và Pháp Vân đều giảm dần về công suất quy hoạch theo các giai đoạn 2025, 2030 và 2050 (Quyết định số 554/QĐ-TTg, 2021). Trong đó, Nhà máy Pháp Vân và Tương Mai đều được dự kiến sẽ dừng hoạt động vào năm 2050, chỉ có Nhà máy nước ngầm Nam Dư được điều chỉnh công suất còn 44.000 m³/ngày vào năm 2050 (Quyết định số 554/QĐ-TTg, 2021).

Mặc dù nước dưới đất của ba Nhà máy ở Hoàng Mai và các nhà máy nước dưới đất khác trên địa bàn lân cận ở Hà Nội được điều chỉnh giảm công suất khai thác. Tuy nhiên, mực nước dưới đất ở các khu vực này, đặc biệt khu vực nội thành vẫn ở mức thấp (Trung tâm Quy hoạch và điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2023).

Hơn nữa, Hoàng Mai nói riêng và Hà Nội nói chung là khu vực có tổng lượng mưa hàng năm tương đối lớn, tuy nhiên lại phân bố không đồng đều. Vào mùa khô, lượng mưa ít gây thiếu hụt nguồn nước trong khi mùa mưa lượng mưa nhiều, gây ngập úng. Trong năm 2021, có tháng lượng mưa nhỏ hơn 1mm như vào tháng 12 nhưng cũng năm đó, có trận mưa kéo dài 2 giờ với

Bảng 1. Lượng mưa theo tháng giai đoạn 2020-2022 (mm)

Tháng Năm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2022	46,8	103,7	47,2	68,7	414,9	296,9	392,5	486,3	242	84,4	7,8	13,7
2021	1	66,7	38,5	129	123,6	313	246,6	266,3	384,3	368,9	13,6	0,7
2020	157	27,5	200,1	88,1	128,1	171,4	121,1	389	204,1	224,7	34,1	1,2

Nguồn: Tổng cục Thống kê, <https://www.gso.gov.vn> truy cập 25/6/2023

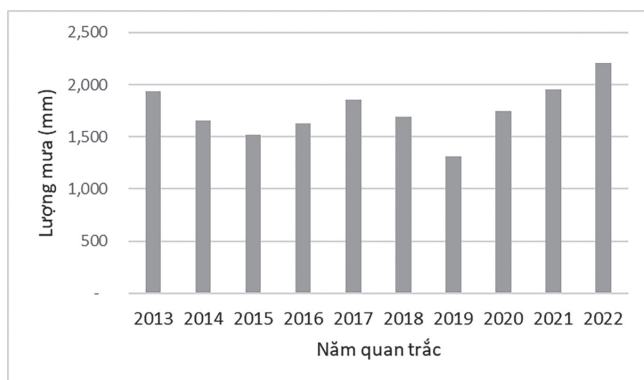
lượng mưa lên tới 60 mm, xấp xỉ lượng mưa của tháng 2/2021 (Bảng 1).

Với đặc điểm khu vực có lượng mưa lớn và đang trong thời kỳ đô thị hóa nhanh đã và đang làm gia tăng ngập úng đô thị nhưng lại giảm trữ lượng bổ cấp cho nước dưới đất. Để giảm thiểu những tác động trên, khai thác những điều kiện vốn có của khu vực nghiên cứu về lượng mưa, hệ thống xây dựng cơ sở hạ tầng, việc thu gom nước mưa từ mái nhà để bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất sẽ góp phần hạn chế ngập úng bề mặt đồng thời gia tăng trữ lượng nước dưới đất. Ngoài ra, còn gián tiếp hạn chế sụt lún mặt đất cho khu vực nghiên cứu và lân cận.

1.2. Địa hình, khí hậu, thủy văn và hiện trạng sử dụng đất khu vực nghiên cứu

Địa hình: Quận Hoàng Mai đặc trưng bởi địa hình đồng bằng thấp với độ cao địa hình dao động từ 4 - 5m và bị phân cách bởi hệ thống sông, ngòi, kênh, mương, ao, hồ. Độ cao địa hình thấp dần từ Bắc xuống Nam và từ Tây sang Đông. Địa hình có sự khác biệt rõ rệt ở trong đê và ngoài đê (Viện Quy hoạch Xây dựng Hà Nội, 2007). Vùng trong đê chiếm đa số diện tích quận Hoàng Mai, gây những khó khăn do tình trạng ngập úng quanh năm của các vùng trũng, một số điểm ngập úng khi mưa to kéo dài. Vùng ngoài đê là vùng đất phù sa được bồi tụ thường xuyên nên cao hơn vùng đất trong đê (UBND Quận Hoàng Mai, 2015).

Khí hậu: Quận Hoàng Mai có chung chế độ khí hậu của TP. Hà Nội, tiêu biểu cho vùng Bắc Bộ với đặc điểm của khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm, mùa hè nóng, mưa nhiều và mùa đông lạnh, mưa ít. Nhìn chung, thành phố Hà Nội có lượng mưa khá lớn, lượng mưa năm phân bố không đều theo thời gian. Trong giai đoạn từ 2013-2022, lượng mưa hàng năm dao động trong khoảng từ 1.312 - 2.205 mm, trung bình năm là 1752 mm (Hình 2). Theo số liệu từ Tổng cục Thống kê, mùa mưa diễn ra từ tháng 4 đến tháng 10, chiếm hơn 90% lượng mưa cả năm. Mùa khô chỉ chiếm gần 10% lượng mưa cả năm, diễn ra từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau



▲ Hình 2. Biến động lượng mưa các năm giai đoạn 2013-2023

Nguồn: Tổng cục Thống kê, <https://www.gso.gov.vn> truy cập 25/6/2023

(Theo số liệu của Tổng cục Thống kê, <https://www.gso.gov.vn> truy cập 25/6/2023).

Thủy văn: Quận Hoàng Mai chịu ảnh hưởng chế độ thủy văn của sông Hồng, mực nước sông dao động lớn giữa mùa khô và mùa mưa (12 - 312 cm). Trên địa bàn quận có 4 sông tiêu chính của thành phố chảy qua (Tô Lịch, Lừ, Sét và Kim Ngưu), do đó đây có thể coi là khu vực đầu mối thoát nước của TP. Hà Nội. Ngoài ra, Hoàng Mai còn tập trung các hồ điều hòa lớn như hồ Yên Sở, hồ Linh Đàm... (UBND Quận Hoàng Mai, 2015).

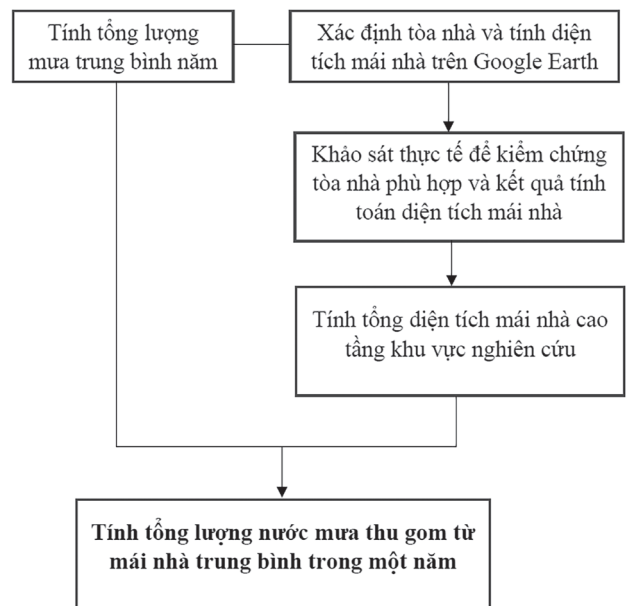
Hiện trạng sử dụng đất: Theo kế hoạch sử dụng đất năm 2022 tại khu vực Hoàng Mai, diện tích các loại đất phân bố theo các nhóm với tỷ lệ như sau: Đất sản xuất nông nghiệp, chiếm 18,54%, đất phi nông nghiệp, chiếm 81,46%. Trong số diện tích đất phi nông nghiệp, diện tích đất ở đô thị, đất giao thông và đất phát triển hạ tầng các cấp chiếm hầu hết diện tích đất sử dụng với tỷ lệ tương ứng là 28,2%, 16,76% và 24,06%, tổng cộng tỷ lệ diện tích đất thuộc 3 nhóm này chiếm tới 69,02% tổng diện tích đất tự nhiên của Hoàng Mai (UBND Quận Hoàng Mai, 2022).

2. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên mục tiêu, nội dung và phương pháp thực hiện, nghiên cứu đề xuất quy trình đánh giá tổng trữ lượng nước mưa thu gom từ mái nhà cao tầng ở khu vực Hoàng Mai theo sơ đồ sau (Hình 3):

2.1. Xác định và tính toán diện tích mái nhà trên Google Earth

Trong nghiên cứu này, Google Earth được sử dụng để xác định tòa nhà cao tầng phù hợp để thu gom nước mưa và diện tích mái nhà của các công trình đó (Hình



▲ Hình 3. Quy trình tính toán trữ lượng nước mưa thu gom tiềm năng



▲ Hình 4. Vùng Hoàng Mai trên Google Earth

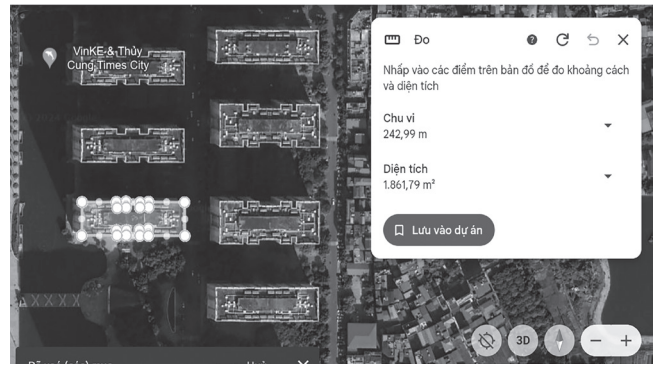
4). Google Earth, một ứng dụng của Google, là phần mềm hiển thị hình ảnh 3D của Trái Đất bằng cách sử dụng ảnh chụp từ trên không, ảnh vệ tinh và dữ liệu GIS. Nghiên cứu tập trung vào xác định diện tích mái các tòa nhà có độ cao từ 9 tầng trở lên (được quy định trong Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam năm 2006: TCXDVN 194: 2006 "Nhà cao tầng - Công tác khảo sát địa kỹ thuật" (Bộ Xây dựng, 2006). Ngoài ra, các tòa nhà cần có diện tích trống xung quanh để phục vụ xây dựng hệ thống thu gom nước mưa và hệ thống bổ sung nhân tạo nước dưới đất. Nghiên cứu chỉ giới hạn các tòa nhà có đặc điểm trên bởi ở độ cao đó nước mưa có chất lượng tốt hơn vì không bị nhiễm bẩn từ bề mặt do các hiện tượng tự nhiên và hoạt động của con người.

Trên địa phận Hoàng Mai có rất nhiều khu chung cư, tòa nhà cao tầng có diện tích mái nhà lớn, dữ liệu các công trình tại Hoàng Mai được lấy từ ảnh vệ tinh Google Earth:

Trên thực tế, rất khó tiếp cận để đo đạc trực tiếp tất cả các tòa nhà cao tầng trên toàn khu vực nghiên cứu. Do đó, để đánh giá hiện trạng số lượng các công trình nhà cao tầng phù hợp để thu gom nước mưa và tính diện tích mái nhà, nghiên cứu sử dụng công cụ được tích hợp trên Google Earth. Trên Google Earth, các tòa nhà được hiển thị 3D (hiển thị không gian 3 chiều), đồng thời tích hợp cùng công cụ tính diện tích mái nhà cho phép người sử dụng tính được diện tích của các mái nhà cụ thể. Tuy nhiên, để kiểm chứng kết quả tính toán diện tích mái nhà cao tầng, phương pháp khảo sát



▲ Hình 5. Định vị một số tòa nhà cao tầng tại Hoàng Mai trên Google Earth



▲ Hình 6. Xác định diện tích mái nhà tại Hoàng Mai trên Google Earth

thực địa đã được áp dụng song song với phương pháp tính diện tích mái nhà trên Google Earth.

2.2. Phương pháp khảo sát thực địa

Phương pháp được thực hiện nhằm kiểm chứng thực tế kết quả xác định vị trí và diện tích mái nhà thông qua phân tích ảnh trên Google Earth với kết quả đo đạc hiện trường. Công tác khảo sát hiện trường bao gồm:

Kiểm chứng vị trí các tòa nhà ngoài hiện trường so với các tòa nhà xác định trên Google Earth.

Đo đạc diện tích một số mái nhà để kiểm chứng kết quả xác định diện tích mái nhà.

Xác định diện tích đất trống xung quanh các tòa nhà đảm bảo đủ để xây dựng công trình thu gom nước mưa và bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất.

Các tòa nhà cao tầng (từ 9 tầng trở lên) được coi là phù hợp thu gom nước mưa và bổ sung nhân tạo cần đảm bảo có mặt bằng trống (có sân hoặc đất trống) để xây dựng hệ thống thu gom nước mưa từ mái nhà, bể lọc, bể chứa ngầm, đường ống dẫn nước, lắp đặt một số lỗ khoan ép nước. Công tác khảo sát thực tế sẽ góp phần làm tăng độ tin cậy của kết quả tính toán được từ Google Earth.

2.3. Phương pháp tính toán lượng mưa thu gom

Lượng nước mưa thu gom từ các bề mặt nói chung và từ mái nhà nói riêng ngoài việc phụ thuộc vào lượng mưa, diện tích mái nhà còn phụ thuộc vào nhiệt độ, lượng bốc hơi, vật liệu làm mái nhà... Các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng thu gom nước mưa như nhiệt độ, lượng bốc hơi, vật liệu làm mái nhà được tích hợp trong hệ số thu gom nước mưa. Trong nghiên cứu này, lượng nước mưa thu gom được từ mái nhà được tính toán theo phương pháp do Adugna và nnk, 2018 đề xuất, cụ thể lượng nước mưa có thể thu gom trong một năm được xác định như sau:

$$Q_M = I \times A \times C \quad (1)$$

Trong đó:

Q_M : Lượng nước mưa thu gom từ mái nhà trong một năm (m^3 /năm).

A: diện tích mái nhà (m²).

I : lượng mưa trung bình năm (m/năm).

C: Hệ số thu gom nước mưa.

Với điều kiện về lượng bốc hơi và vật liệu làm mái nhà ở khu vực Hoàng Mai, hệ số C được lựa chọn là 0,7 (tương ứng 70% lượng nước mưa rơi xuống các mái nhà cao tầng).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Đánh giá diện tích mái nhà cao tầng tại khu vực Hoàng Mai

Dựa trên kết quả xác định diện tích mái nhà trên Google Earth với kết quả khảo sát thực tế tại khu vực Hoàng Mai, nghiên cứu đã xác định được các tòa nhà cao tầng phù hợp để thu gom được nước mưa và xây dựng công trình bổ sung nhân tạo nước dưới đất. Hình 7 dưới đây là hình ảnh tòa nhà Gelexia Riverside (địa chỉ tại 885 Tam Trinh, Hoàng Mai) trên ảnh vệ tinh và ảnh chụp thực tế ngoài hiện trường. Đây là minh họa về một công trình phù hợp do có số tầng trên 9 tầng và có diện tích đất trống xung quanh để xây dựng hệ thống thu gom nước mưa và bổ sung nhân tạo nước dưới đất.

Qua kết quả tính toán diện tích các công trình nhà cao tầng trên địa bàn quận Hoàng Mai bằng phương pháp sử dụng ảnh vệ tinh trên Google Earth kết hợp khảo sát thực tế, 151 tòa nhà cao tầng tại khu vực Hoàng Mai có mặt bằng trống xung quanh đáp ứng điều kiện xây dựng hệ thống kỹ thuật để bổ sung nhân tạo nước dưới đất. Diện tích từng mái nhà được xác định trên Google Earth, tổng diện tích của 151 mái nhà được xác định là 147.544 m² (Bảng 2).

Bảng 2. Diện tích các công trình cao tầng tại Hoàng Mai

Loại công trình	Số lượng (tòa nhà)	Tổng diện tích (m ²)
Nhà cao tầng	151	147.544



a. Ảnh Google Earth



b. Ảnh chụp thực tế

▲ Hình 7. Ảnh vệ tinh và ảnh chụp thực tế công trình Gelexia Riverside

3.2. Đánh giá trữ lượng nước mưa thu gom từ mái nhà cao tầng tại khu vực Hoàng Mai

Trữ lượng nước mưa thu gom được đánh giá theo công thức (1) với hệ số C=0,7 tham khảo từ công trình nghiên cứu do Adugna và nnk, 2018 đề xuất. Diện tích mái nhà cao tầng được xác định cho khu vực Hoàng Mai là 147.544 m² (Bảng 2).

Theo kết quả thống kê, lượng mưa trung bình năm giai đoạn 2013 - 2022 là 1752 mm (Bảng 3). Trong nghiên cứu này, lượng mưa trung bình năm được đo lại trạm Láng (Hà Nội) sẽ được sử dụng để tham khảo tính toán lượng mưa thu gom có thể sử dụng để bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất ở khu vực Hoàng Mai.

Bảng 3. Biến động lượng mưa tại trạm Láng (Hà Nội) giai đoạn 2013-2022

Năm	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Trung bình
Lượng mưa (mm)	1935	1661	1520	1631	1859	1695	1312	1746	1952	2205	1752

Nguồn: Tổng cục Thống kê, <https://www.gso.gov.vn> truy cập 25/6/2023

Kết quả lượng mưa thu gom được từ mái nhà cao tầng ở khu vực Hoàng Mai được tính toán theo Bảng 4 dưới đây (Adugna và nnk, 2018):

Bảng 4. Lượng nước mưa tiềm năng thu gom từ các nhà cao tầng

Tổng diện tích mái nhà cao tầng, A (m ²)	147.544
Lượng mưa trung bình năm, I (m/năm)	1,752
Hệ số nước mưa thu gom, C	0,7
Tổng lượng nước mưa được thu gom từ mái nhà trong năm (m ³ /năm)	258.497
Tổng lượng nước mưa được thu gom từ mái nhà bình quân ngày (m ³ /ngày)	708

Như vậy, lưu lượng tiềm năng nước mưa có thể thu gom từ 151 mái công trình nhà cao tầng để sử dụng bổ sung nhân tạo là $Q_M = 258.497 \text{ m}^3/\text{năm}$ tương đương $708 \text{ m}^3/\text{ngày}$.

Tổng lượng nước mưa thu gom từ mái nhà cao tầng vào ngày có lượng mưa lớn

Vào ngày 11/5/2021, Hà Nội xảy ra trận mưa lớn gây ngập úng nghiêm trọng. Trận mưa kéo dài khoảng 2 giờ và gây ngập úng nghiêm trọng, với lượng mưa đo được trong trận mưa lớn bất thường vào khoảng 60mm.



Áp dụng phương pháp tính toán trữ lượng nước mưa theo phương pháp trình bày trong phần 3.3, tổng lượng nước mưa thu gom từ 151 mái nhà cho trận mưa ngày 11/5/2021 được xác định như trong Bảng 5 dưới đây.

Bảng 5. Kết quả tính lượng mưa thu gom được trên 151 mái nhà vào ngày 11/5/2021

Tổng diện tích mái nhà (m ²)	Lượng mưa trong trận mưa ngày 11/5 (m)	Hệ số thu gom	Tổng lượng mưa thu gom trong trận mưa
(A)	(I)	(C)	$Q = I \times A \times C$
147.544	0,06	0,7	6197

Riêng trận mưa ngày kéo dài 2 giờ trong ngày 11/5/2021, tổng lượng mưa thu gom trên gần 151 mái nhà trong khu vực nghiên cứu đạt 6.197 m³, tương đương 3.098 m³/giờ. Nếu toàn bộ lượng nước mưa này được thu gom để bổ sung nhân tạo nước dưới đất sẽ góp phần gia tăng tài nguyên nước dưới đất đồng thời giảm thiểu ngập úng đô thị và gián tiếp hạn chế sụt lún mặt đất.

3.3. Luận chứng lựa chọn phương pháp bổ sung nhân tạo nước dưới đất bằng nguồn nước mưa từ mái nhà cao tầng cho tầng chứa nước Pleistocen

Hiện nay, có một số phương pháp bổ sung nhân tạo phổ biến như: Phương pháp lôi kéo dòng mặt, phương pháp làm ngập, bổ sung nhân tạo bằng bốn thấm, bổ sung nhân tạo bằng ép nước trong lỗ khoan sử dụng nước mưa hoặc nước mặt có chất lượng phù hợp (Đoàn Văn Cảnh, 2017). Mỗi phương pháp bổ sung nhân tạo có điều kiện áp dụng và có các ưu, nhược điểm khác nhau. Phương pháp lôi kéo dòng mặt áp dụng ở những khu vực có công trình khai thác nước ở gần bờ sông, nhược điểm của phương pháp là khi nước trong các sông bị ô nhiễm, thì nước dưới đất trong các tầng chứa nước cũng bị ô nhiễm theo. Phương pháp làm ngập chỉ có thể áp dụng trên khu vực mà tầng chứa nước nằm nông, có tính thấm tốt. Phương pháp bổ sung nhân tạo bằng bốn thấm trong tầng chứa nước có áp chỉ có thể thực hiện được khi lớp cách nước nằm ngay trên mái lộ ra mặt đất và không quá dày, hoặc khi lớp này nằm ở độ sâu lớn hơn và có sức cản thủy lực nhỏ hơn chuyển động thẳng đứng của nước, đồng thời cần diện tích đất trống lớn để xây dựng bốn thấm và nguồn nước mặt dồi dào.

Ở Việt Nam, tài nguyên nước phân bố không đồng đều theo không gian và thời gian ảnh hưởng không nhỏ đến khả năng cấp nước của các hệ thống thủy văn. Trong khi đó, đô thị hóa và biến đổi khí hậu đã và đang làm gia tăng áp lực lên tài nguyên nước khi xảy ra lũ lụt về mùa mưa và hạn hán, thiếu nước về mùa khô. Nghiên cứu và áp dụng các phương pháp bổ sung

nhân tạo nước dưới đất nhằm gia tăng trữ lượng nước đã được thực hiện ở nhiều khu vực khan hiếm nguồn nước nhằm tích trữ nước mùa mưa để sử dụng vào mùa khô. Khu vực Tây Nguyên với đặc thù trữ lượng nước mưa, nước mặt trong mùa mưa rất lớn, thường chảy tràn và tiêu thoát gây nên lãng phí tài nguyên, trong khi mùa khô lại thiếu nước trầm trọng ở nhiều nơi (Đặng Hoàng Thanh, 2016). Năm 2016, Đặng Hoàng Thanh đã đề xuất giải pháp để bổ sung nhân tạo nước dưới đất từ nguồn nước xả thừa của hồ chứa vừa và nhỏ khu vực Tây Nguyên nhằm tăng cường trữ lượng nước dưới đất bằng hệ thống công trình gồm các hào thu-lọc nước và giếng khoan ép nước. Ở khu vực có lượng mưa nhỏ như ở Ninh Thuận, nghiên cứu sử dụng các đập cát ngăn nước hay rãnh ngăn nước được thực hiện để đánh giá hiệu quả của bổ sung nhân tạo nước dưới đất (Huỳnh Phú, 2012). Số liệu quan trắc cho thấy, tại các giếng được đặt cạnh các vùng thử nghiệm, nơi có các rãnh ngăn nước mưa, mực nước ngầm thay đổi mạnh theo mùa, mực nước vào mùa mưa có lúc tăng cao hơn so với bình thường 2,5m. Trong khi đó, với các tầng chứa nước dưới sâu bị khai thác mạnh mẽ, phương pháp ép nước giếng khoan được lựa chọn để bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất (Ngô Đức Chân, 2007; Nguyễn Việt Kỳ & Nguyễn Đình Tú, 2009). Theo kết quả nghiên cứu của Ngô Đức Chân (2007), trong trường hợp có bổ sung nhân tạo, mực nước tại các nhà máy nước tăng từ -26,02m lên -19,13m. Điều đó cho thấy tiềm năng gia tăng trữ lượng khai thác nước dưới đất bằng bổ sung nhân tạo là rất lớn.

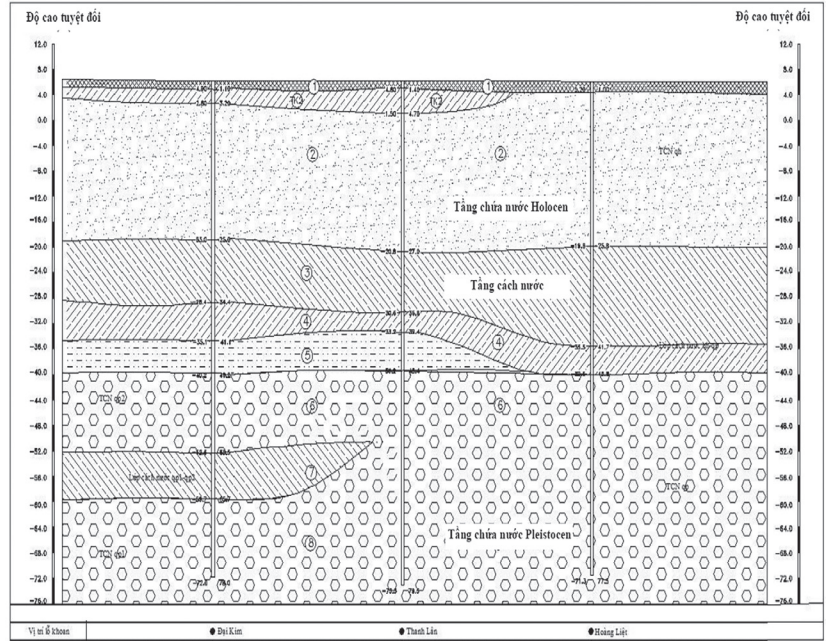
Ở khu vực Hà Nội, cũng có nhiều công trình nghiên cứu về khả năng áp dụng phương pháp bổ sung nhân tạo nước dưới đất, tuy nhiên tập trung vào nhóm giải pháp bố trí các giếng khoan khai thác nước ven sông để lôi kéo dòng mặt chảy mặt (Phạm Hòa Bình, 2018; Nguyễn Văn Đán & Tống Ngọc Thanh, 2000). Tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng hiệu quả cho khu vực ven sông có cấu trúc địa chất phù hợp do ở khu vực xa sông, hồ hiệu quả lôi kéo dòng mặt vào các tầng chứa nước không cao.

Trong khi đó, ở khu vực Hoàng Mai, hai tầng chứa nước chính cung cấp nước cho khai thác sử dụng ở các quy mô lớn và nhỏ là tầng chứa nước Holocen và tầng chứa nước Pleistocen. Tầng chứa nước Pleistocen là tầng được khai thác trữ lượng lớn để phục vụ cho cấp nước đô thị. Tuy nhiên, ở khu vực nghiên cứu, tầng chứa nước Pleistocen phân bố ở độ sâu từ 42m trở xuống và được ngăn cách với tầng chứa nước Holocen bên trên bởi một tầng cách nước có bề dày khoảng 21.2 m (Hình 8). Tầng cách nước làm hạn chế nguồn nước bổ cập từ trên xuống từ nguồn nước mặt, nước mưa và nước từ tầng chứa nước Holocen xuống tầng chứa nước Pleistocen.

Qua đó cho thấy, các phương pháp bổ sung nhân tạo bằng bốn thấm, chảy tràn sẽ không phù hợp để bổ

Chú giải

-  Đất san lấp lẫn phế thải vật liệu xây dựng và mùn rác hữu cơ
-  Thấu kính 2a: Sét pha nhẹ nâu vàng, nâu hồng, dẻo chảy.
-  Lớp 2: Cát hạt trung xám nâu, xám đen, lẫn sạn, kết cấu xốp đến chặt vừa
-  Lớp 3: Sét pha, nâu xám, xám ghi, kẹp cát, dẻo chảy
-  Lớp 4: Sét pha nâu hồng, dẻo cứng xen kẹp các vết cát pha
-  Lớp 5: Sét pha nhẹ xen kẹp cát pha nâu xám, nâu gu, nâu vàng, dẻo mềm
-  Lớp 6: Cuội sỏi xám trắng, xám vàng, xám ghi
-  Lớp 7: Sét pha ghi xanh, xám vàng, lẫn sạn sỏi, trạng thái dẻo mềm
-  Lớp 8: Cuội sỏi xám trắng, xám vàng, xám ghi
-  Tầng chứa nước Holocen
-  Lớp cách nước Holocen-Pleistocen
-  Tầng chứa nước Pleistocen trên
-  Lớp cách nước Pleistocen dưới-trên
-  Tầng chứa nước Pleistocen dưới



▲ Hình 8. Mặt cắt địa chất thủy văn tuyến Đại Kim-Hoàng Liệt

Nguồn: Báo cáo khảo sát địa chất công trình phường Đại Kim, quận Hoàng Mai, năm 2014

sung nhân tạo cho tầng chứa nước Pleistocen. Bên cạnh đó, phương pháp lôi kéo dòng mặt sử dụng giếng khoan khai thác nước bố trí ven sông cũng có nhiều nhược điểm như nêu trên đây, đồng thời không tận dụng hết nguồn nước mưa dư thừa trên toàn bộ khu vực nghiên cứu. Do đó, thu gom nước mưa từ mái nhà để bổ sung nhân tạo nước dưới đất bằng lỗ khoan khoan ép nước cho tầng chứa nước Pleistocen là phương pháp đạt đa mục tiêu: gia tăng trữ lượng nước dưới đất, hạn chế ngập úng và sụt lún mặt đất cho khu vực nghiên cứu.

5. Kết luận

Thu gom nước mưa từ mái nhà cao tầng để bổ sung nhân tạo cho tầng chứa nước dưới đất Pleistocen là giải pháp đa mục tiêu, góp phần gia tăng trữ lượng nước dưới đất, giảm thiểu ngập úng đô thị và góp phần hạn chế sụt lún mặt đất.

Tại khu vực Hoàng Mai có 151 tòa nhà cao từ 9 tầng trở lên, có diện tích trống xung quanh đủ rộng đáp ứng để thu gom nước mưa và xây dựng công trình bổ sung

nhân tạo nước dưới đất. Tổng diện tích của 151 mái nhà cao tầng là 147.544 m².

Lượng nước mưa thu gom được từ mái 151 tòa nhà cao tầng tại Hoàng Mai tính theo lượng mưa trung bình giai đoạn 2013-2022 là 258.497 m³/năm, tương đương 708 m³/ngày. Tuy nhiên, nếu xét theo lượng mưa thu gom từ trận mưa kéo dài 2 giờ trong ngày 11/5/2021 thì tổng lượng nước mưa thu gom từ 151 mái nhà cao tầng lên tới 6197 m³/2h. Với lượng mưa lớn của mỗi trận mưa được thu gom ngoài việc tăng trữ lượng nước dưới đất còn góp phần quan trọng vào việc giảm thiểu ngập úng đô thị.

Đây là mô hình đa mục tiêu, có thể nghiên cứu áp dụng cho các đô thị lớn đang phát triển ở Hà Nội nói riêng và cả nước nói chung nhằm phát triển bền vững đô thị. Tuy nhiên, có thể nghiên cứu thêm phương án sử dụng các nguồn nước mặt từ sông/hồ có chất lượng tốt để bổ sung nhân tạo nước dưới đất trong thời kỳ các tháng mùa khô để gia tăng trữ lượng nước dưới đất và hạn chế sụt lún mặt đất do mực nước dưới đất hạ thấp

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo khảo sát địa chất công trình phường Đại Kim quận Hoàng Mai (2014), Xây dựng tòa tháp C thuộc ô đất CT2 khu ĐTM Kim Văn - Kim Lũ, Công ty cổ phần Khảo sát địa chất và xử lý nền móng công trình.
2. Bộ Xây dựng, 2006. Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam TCXDVN 194:2006 "Nhà cao tầng - Công tác khảo sát địa kỹ thuật.
3. Phạm Hòa Bình (2018). Nghiên cứu xác định sự bổ cấp từ nước sông Hồng cho tầng chứa nước Pleistocen khu vực phía nam Hà Nội, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
4. Đoàn Văn Cảnh (2017), "Bổ sung nhân tạo nước dưới đất", NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
5. Ngô Đức Chân (2007), "Tính toán bổ sung nhân tạo cho tầng chứa nước pliocen thượng ở TP. Hồ Chí Minh", Tạp chí Phát triển KH&CN, Tập 10, Số 2.
6. Cổng thông tin điện tử quận Hoàng Mai - TP. Hà Nội (2012), <http://hoangmai.hanoi.gov.vn/> (truy cập ngày 22/4/2023).
7. Cổng thông tin điện tử Trung tâm Quan trắc môi trường miền Bắc (2021), <https://cem.gov.vn/> (truy cập ngày 9/4/2023).



8. Cổng thông tin điện tử Trung tâm Quy hoạch và điều tra tài nguyên nước Quốc gia (2022), <https://nawapi.gov.vn/> (truy cập ngày 30/3/2023).
9. Quyết định số 554/QĐ-TTg, “Quyết Định Phê Duyệt Điều Chinh Quy Hoạch Cấp Nước Thủ Đô Hà Nội Đến Năm 2030, Tầm Nhìn Đến Năm 2050” của Thủ tướng Chính phủ ngày 6/4/2021.
10. Hoàng Ngô Tự Do (2004). Tính toán trữ lượng khai thác tiềm năng nước nhạt dưới đất trong trầm tích Kainozoi khu vực đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Nam. Thử viện Đại học Huế.
11. Nguyễn Văn Dân, Tống Ngọc Thanh, 2000. Về khả năng xây dựng các công trình khai thác nước thấm lọc ven sông Hồng - cung cấp cho TP. Hà Nội. TC Địa chất, A/260 : 43-49.
12. Nguyễn Việt Kỳ, Nguyễn Đình Tứ (2009). Mô hình pilot bổ sung nhân tạo nước dưới đất bằng nước mưa tại ktx Đại học Quốc gia TP. HCM. Tạp chí Phát triển KH&CN, tập 14, số M2 - 2011.
13. Huỳnh Phú (2012), Khả năng cấp bổ sung nước dưới đất, Ninh Phước, Ninh Thuận, Việt Nam, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường số 37 (6/ 2012).
14. Dương Quỳnh Thanh, Phạm Minh Đây, Nguyễn Đình Giang Nam, Nguyễn Hiếu Trung, Văn Phạm Đăng Trí (2018), “Tác động thay đổi lượng mưa đến biến động bổ cấp nước dưới đất tầng nông - trường hợp nghiên cứu tỉnh Hậu Giang”, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Tập 54, Số 6A.
15. Đặng Hoàng Thanh, Nguyễn Huy Vương (2016). Bổ sung nhân tạo nước dưới đất từ nguồn nước xả thừa của hồ chứa vừa và nhỏ khu vực Tây Nguyên. Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi số 31 - 2016.
16. UBND Quận Hoàng Mai (2022), Công bố thông báo kế hoạch sử dụng đất năm 2022 quận Hoàng Mai. Thông báo số 30/TB-UBND ngày 28/1/2022.
17. Tổng cục Thống kê Việt Nam. <https://www.gso.gov.vn/don-vi-hanh-chinh-dat-dai-va-khi-hau/> (truy cập ngày 25/6/2023).
18. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia (2023), “Bản tin thông báo, dự báo và cảnh báo tài nguyên nước dưới đất TP. Hà Nội tháng 6/2023”.
19. UBND Quận Hoàng Mai (2015), “Báo cáo Thuyết minh Tổng hợp Kế hoạch sử dụng Đất Năm 2016 Quận Hoàng Mai, TP. Hà Nội”.
20. UBND TP. Hà Nội, 2022. Quyết định số 259 của UBND TP. Hà Nội về việc phê duyệt kế hoạch sử dụng đất năm 2022 cho quận Hoàng Mai.
21. Viện Quy hoạch Xây dựng Hà Nội (2007), “Thuyết minh tổng hợp quy hoạch chi tiết Quận Hoàng Mai - Tỷ lệ 1/2,000”.
22. Adugna D., B. J. Marina, Brook Lemma and S. J. Geremew (2018). Assessing the Potential for Rooftop Rainwater Harvesting from Large Public Institutions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
23. Anbazhagan S. and SM Ramasamy (2005). Evaluation of areas for artificial groundwater recharge in Ayyar basin, Tamil Nadu, India through statistical terrain analysis. *J Geol Soci India Journal*.
24. Dang V. K., Doubre C., Weber C., Gourmelen N. and Masson F. (2014), “Recent land subsidence caused by the rapid urban development in the Hanoi region (Vietnam) using ALOS InSAR data”, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, pp.657-674.
25. Hao Qichen (2014). Applicability of artificial recharge of groundwater in the Yongding River alluvial fan in Beijing through numerical simulation. *Journal of Earth Science*, number 25, pages 575-586.
26. Hopmans J.W., Genuchten M.Th. van (2005). Hydrologic Processes. *Encyclopedia of Soils in the Environment*.