

TÍNH TOÁN NGUY CƠ GÂY NGẬP BỞI NƯỚC BIỂN DÂNG DO SIÊU BÃO

Trần Thực, Nguyễn Xuân Hiền, Phạm Văn Tiến

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Nguy cơ ngập gây ra bởi một siêu bão giả thiết có cường độ tương tự như siêu bão Haiyan (2013) cho khu vực Thành phố Hải Phòng được nghiên cứu và tính toán bằng mô hình thủy động lực kết hợp với mô hình tính toán gió và áp trong bão. Kết quả tính toán cho thấy, mực nước lớn nhất tại khu vực trong siêu bão này đã vượt qua 5,3 m, cao hơn hầu hết cao trình đê sông, đê biển hiện tại của Hải Phòng và gây ngập hầu như toàn bộ diện tích các quận nội thành của Hải Phòng. Nhiều khu vực ngập sâu khoảng 1 m, đặc biệt một số vùng ngập sâu khoảng 2 m. Kết quả cho thấy hệ thống đê hiện tại ở Hải Phòng chưa đáp ứng được yêu cầu bảo vệ vùng sau đê trước nguy cơ của nước biển dâng do siêu bão.

Từ khóa: siêu bão, nước dâng do bão, Thành phố Hải Phòng

1. Giới thiệu chung

Bão và nước dâng do bão là những hiện tượng thiên tai nguy hiểm, gây nhiều thiệt hại về người và tài sản. Trên thế giới, quốc gia thường xuyên bị ảnh hưởng của bão là Philippines, trung bình mỗi năm có từ 5 - 6 cơn bão rất mạnh ảnh hưởng trực tiếp. Tuy vậy, nước bị ảnh hưởng nặng nhất bởi nước dâng do bão lại là Bangladesh, nước dâng do bão trong năm 1991 lên cao tới hơn 6m đã làm hơn 138.000 người thiệt mạng. Các nước có nền khoa học phát triển trên thế giới như Mỹ, Nhật Bản cũng thường xuyên chịu tổn thất do bão và nước biển dâng do bão. Cơn bão Katrina đổ bộ vào New Orleans bang Louisiana - Mỹ ngày 29/8/2005 với sức gió trên 225 km/h, đã phá hỏng hệ thống đê bảo vệ và gây nước dâng 6 m, khoảng 1000 người chết và mất tích trong cơn bão này. Tại khu vực Đông Nam Á, cơn bão Nargis đổ bộ vào Myanma ngày 2/5/2008 làm hơn 100.000 người chết và mất tích và ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống cư dân vùng bão đổ bộ cũng như môi trường xung quanh. Các khu vực khác trên thế giới như khu vực Đông - Bắc Á, vùng biển Caribe cũng chịu nhiều thiệt hại bởi nước dâng do bão, trong đó nước dâng cao nhất đo được tại Triều Tiên cũng tới 5,2 m [3]. Đặc biệt, tháng 11 năm 2013, siêu bão Haiyan khi đi qua Philippines với sức gió trên cấp 17 đã gây nước dâng trên 7 m, là nguyên nhân chính gây ra cái chết của trên 6.200 người.

Theo thống kê, nước dâng do bão lớn nhất tại Việt Nam ghi được là 3,4 m tại trạm thủy văn Cửa

Việt trong cơn bão DAN năm 1989. Trong lịch sử cũng đã ghi nhận nước biển dâng do bão năm 1881 tại Hải Phòng làm rất nhiều người dân thiệt mạng. Năm 2005, bão Damrey gây nước dâng lớn trên 2 m tại Nam Định đã gây vỡ đê và gây thiệt hại nghiêm trọng về người và của. Nước dâng do bão đặc biệt nguy hiểm khi xuất hiện vào thời kỳ triều cường, mực nước tổng cộng dâng cao, kết hợp với sóng to có thể tràn qua đê, đây chính là nguyên nhân gây thiệt hại nặng nề về người và của. Trong năm 2005 có 4 cơn bão gây nước dâng cao thì 2 cơn (bão số 2 - Washi và bão số 7 - Damrey) xảy ra đúng vào lúc triều cường nên thiệt hại do 2 cơn bão này tại các tỉnh Hải Phòng và Nam Định rất lớn. Bên cạnh đó, bão thường đi kèm với mưa to và kéo dài trên diện rộng, mực nước sông dâng cao càng làm cho nguy cơ do nước dâng do bão trở lên trầm trọng [5].

Theo Tổ chức Khí tượng thế giới, siêu bão là bão có cấp gió mạnh với tốc độ trên 51 m/s hay 184 km/h, khi áp thấp nhất vùng tâm bão là 927 mb. Bão gây ra sóng rất lớn, sức phá hoại cực mạnh, có thể đánh đắm tàu thuyền, phá hoại công trình trên biển, khi đổ bộ vào đất liền, bão có thể phá hủy nhà cửa, tài sản, gây thương tích và chết cho nhiều người.

Theo số liệu thống kê từ 1951 đến 2013, trung bình mỗi năm xuất hiện 0,56 siêu bão tại khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương. Trong đó, chỉ trong thập kỷ 80 thế kỷ 20 đã ghi nhận có 9 siêu bão, số lượng siêu bão có giảm trong hai thập kỷ sau nhưng chỉ

trong 2010 đến 2013 đã xuất hiện 3 siêu bão là Megi (2010), Bopha (2012) và Haiyan (2013), trong đó Haiyan là siêu bão có đường đi khác với quy luật thời gian của bão trong năm. Theo Vecchi và nnk (2008), sự ấm lên của nhiệt độ mặt nước biển trong tương lai là điều kiện thuận lợi cho các cơn bão mạnh phát triển. Do biến đổi khí hậu, khu vực tây Thái Bình Dương hội tụ tất cả các điều kiện có thể làm tăng cường độ bão [7]. Theo đánh giá của IPCC (2012), trong tương lai, số lượng bão khu vực Biển Đông có xu thế giảm nhưng số lượng bão mạnh lại có xu thế tăng [6]. Các đánh giá của Bộ Tài nguyên và Môi trường cũng cho thấy, bão hoạt động trên khu vực bắc Biển Đông có khả năng giảm về tần số nhưng tăng về cường độ, có dấu hiệu cho thấy tần số áp thấp nhiệt đới khu vực nam Biển Đông gia tăng [1]. Như vậy, trong tương lai, các cơn bão rất mạnh và các siêu bão có khả năng xuất hiện ở Biển Đông.

Sau trận bão lịch sử Haiyan năm 2013, Chính phủ đã chỉ đạo Ban chỉ đạo Phòng chống lụt bão Trung ương xây dựng đề án ứng phó với siêu bão. Một trong các nội dung quan trọng trong ứng phó với siêu bão là xây dựng các bản đồ nguy cơ nước dâng do siêu bão cho các tỉnh ven biển Việt Nam. Các bản đồ này là cơ sở khoa học và thực tiễn giúp các cơ quan từ Trung ương đến địa phương chủ động trong lập phương án ứng phó với siêu bão trong tương lai.

Với mục đích nhằm thử nghiệm một hệ thống mô phỏng và tính toán nguy cơ ngập gây ra bởi nước dâng do siêu bão trong tương lai, mô hình tính gió trong bão và mô hình thủy động lực MIKE 21FM đã được sử dụng. Mô hình được thiết lập,

hiệu chỉnh và kiểm nghiệm cho khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng trong các cơn bão Kate (1973) và Damrey (2005) và tính toán nguy cơ gây ngập bởi một siêu bão trong tương lai.

2. Phương pháp nghiên cứu

a. Mô hình trường gió, áp trong bão

Phương trình tính gió cho một điểm S nằm trong mắt bão:

$$V_s = F[V_m - V_f(1 - \sin \theta)] \frac{r}{R_{mw}} \quad (1)$$

Phương trình tính gió cho một điểm S nằm ngoài mắt bão:

$$V_s = F[V_m - V_f(1 - \sin \theta)] \left(\frac{R_{mw}}{r}\right)^x \quad (2)$$

Trong đó: F = hệ số suy giảm gió do địa hình (đất: 0,8, biển: 1,0); V_m = vận tốc gió cực đại trên biển; V_f = tốc độ chuyển động của bão; θ = góc theo chiều kim đồng hồ của đường thẳng nối điểm S với tâm bão và hướng di chuyển của bão; r = khoảng cách từ điểm S đến tâm bão; R_{mw} = bán kính gió cực đại của bão; x = hệ số profile gió cho từng cơn bão ($0,4 < x < 0,8$).

Áp suất tại điểm S (x, y) cách tâm bão (x_0, y_0) được tính theo công thức:

$$P_s = P_\infty - \Delta P / [1 + (r / R_{mw})^2]^{0.5} \quad (3)$$

Trong đó: P_∞ = áp suất ở rìa bão; $\Delta P = P_c - P_s$; P_c = áp suất ở tâm bão; R = bán kính gió cực đại; r = khoảng cách từ tâm bão tới điểm tính.

b. Mô hình thủy động lực MIKE 21FM

Hệ phương trình nước nông:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega \\ - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial xy} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

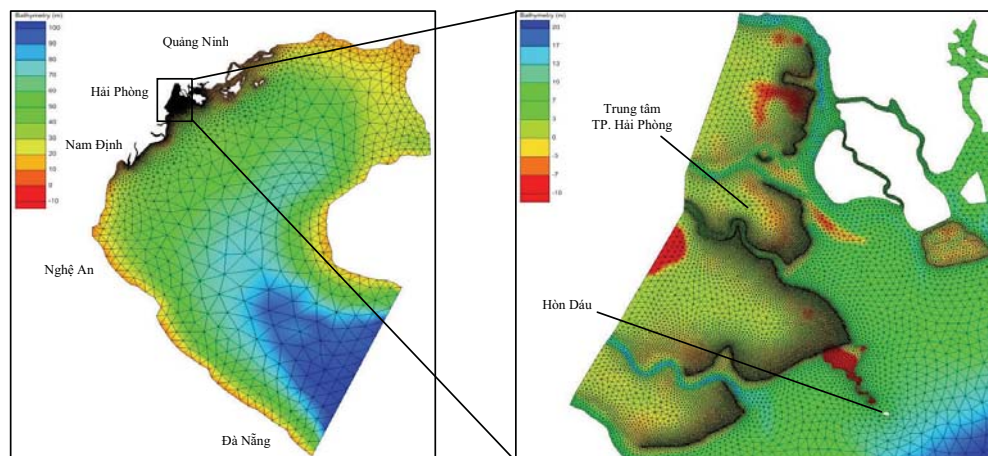
$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega \\ - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial xy} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó: $h(x,y,t)$ = độ sâu nước ($\zeta, -d$) (m); $d(x,y,t)$ = biến đổi độ sâu nước theo thời gian (m); $\zeta(x,y,t)$ = mực nước mặt (m); $p,q(x,y,t)$ = mật độ thông lượng theo hướng x, y ($m^3/s, m$); u,v = vận tốc trung bình độ sâu theo hướng x, y ; $C(x,y)$ = hệ số ma sát Chezy ($m^{1/2}, s$); g = gia tốc trọng trường (m/s^2); $f(V)$ = hệ số ma sát gió; $V(V_x, V_y, V_t)$ = tốc độ gió và các thành phần theo hướng x, y (m/s); $\Omega(x, y)$ = tham số Coriolis, phụ thuộc vào vĩ độ địa lý (s^{-1}); $p_a(x,y,t)$ = áp suất khí quyển (kg/m^2); P_w = khối lượng riêng của nước (kg/m^3); x, y = tọa độ khoảng cách (m); t = thời gian (s); $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ = các thành phần ứng suất trượt.

c. Miền tính, lưới tính khu vực nghiên cứu

Khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng, nơi thường xuyên chịu tác động bất lợi của thiên tai

trong đó có bão và nước dâng do bão được lựa chọn để tính toán nguy cơ ngập gây ra bởi nước dâng do siêu bão. Miền tính là toàn bộ khu vực vịnh Bắc Bộ và Thành phố Hải Phòng với lưới phi cấu trúc gồm 25317 nút, chiều dài của cạnh mắt lưới nhỏ nhất là 30 m (khu vực Thành phố Hải phòng và vùng cửa sông) lớn nhất là 25 km (khu vực giữa vịnh Bắc bộ). Nguồn số liệu được sử dụng bao gồm: 1) Số liệu địa hình đáy biển và khu vực cửa sông do Bộ tư lệnh hải quân Việt Nam đo đạc; 2) Số liệu mặt cắt sông và địa hình đáy sông Liên đoàn khảo sát sông Hồng đo đạc; 3) Số liệu địa hình khu vực Thành phố Hải Phòng được chiết suất từ các bản đồ tỷ lệ 1:10.000; 1:25.000 của Cục Đo đạc Bản đồ; và 4) Hệ thống đê biển, đê sông theo số liệu của Cục Quản lý Đê điều và Phòng chống lụt bão.

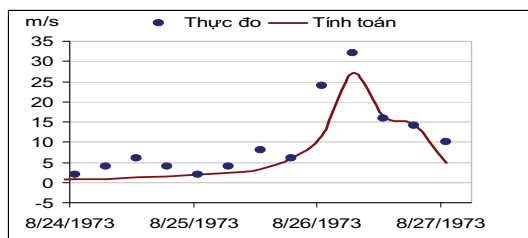


Hình 1. Miền tính và độ sâu địa hình khu vực nghiên cứu

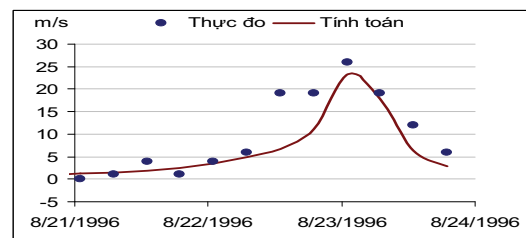
d. Kiểm nghiệm mô hình

Mô hình tính gió và áp trong bão của Boose và nnk được kiểm nghiệm cho một số cơn bão ảnh hưởng đến khu vực Hải Phòng. So sánh giữa kết

quả tính toán và số liệu thực đo trình bày ở hình 2 cho thấy các giá trị tốc độ gió tính toán đều tương đồng cao về độ lớn và pha với số liệu thực đo tại trạm Hòn Dấu.



a)



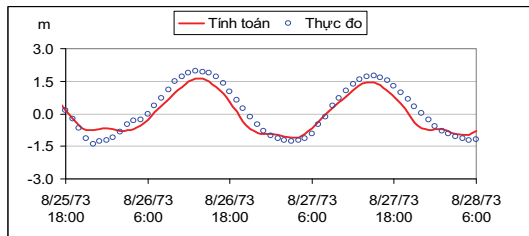
b)

Hình 2. Kiểm nghiệm mô hình mô phỏng gió trong bão

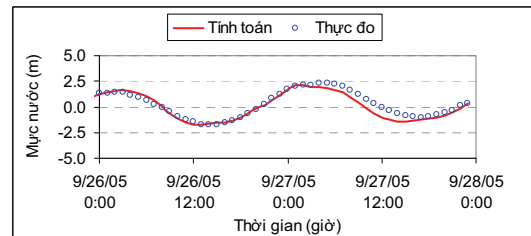
a) Bão Kate, 1973 và b) Bão Damrey, 2005

Trường gió và áp trong bão tính từ mô hình được sử dụng làm đầu vào cho mô hình thủy động lực. Kết quả so sánh giữa số liệu tính toán và thực đo tại trạm Hòn Dấu trong hình 3 cho thấy, mô hình có

khả năng mô phỏng tốt, có sự tương đồng cao về độ lớn và pha giữa kết quả mô phỏng và số liệu thực đo [3].



a)



b)

Hình 3. Kiểm nghiệm mô hình thủy lực mô phỏng nước dâng do bão
a) Bão Kate, 1973 và b) Bão Damrey, 2005

3. Kết quả tính toán

a. Kịch bản siêu bão và giả thiết

Trên cơ sở dữ liệu về bão, những đặc trưng thống kê bao gồm quỹ đạo (hướng di chuyển) và cường độ bão (vận tốc gió cực đại và áp suất khí quyển của tâm bão) được phân tích. Kết quả cho thấy, các cơn bão ảnh hưởng đến khu vực ven biển Hải Phòng có hướng di chuyển theo các hướng từ tây, tây nam và tây bắc, trong đó cao nhất là hướng tây bắc. Tốc độ gió lớn nhất trong bão tại khu vực có thể đạt tới 65 m/s.

Dựa trên phân tích về khả năng xuất hiện siêu bão trong tương lai và thống kê về bão tại khu vực, một kịch bản siêu bão trong tương lai được xây dựng với quỹ đạo bão theo hướng chính là Tây và Tây Bắc, tốc độ gió lớn nhất đạt 88 m/s tức khoảng 315 km/h và áp suất tâm bão thấp nhất đạt 890 mb, tương đương với tốc độ gió lớn nhất và áp suất tâm bão thấp nhất trong bão Haiyan (2013) khi đổ bộ vào Philippine. Bão được giả thiết đổ bộ vào khu vực ven biển từ Hải Phòng đến Nam Định đúng vào thời kỳ triều cường. Quỹ đạo bão và các thông số bão được trình bày trong hình 4.



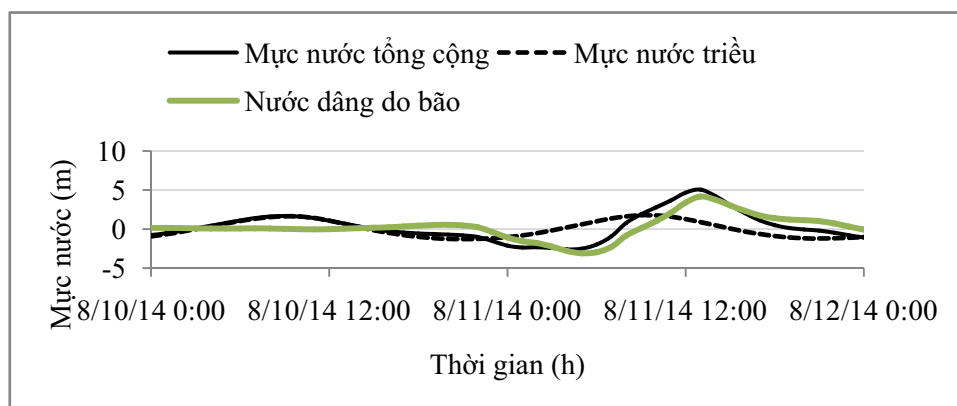
Hình 4. Giả định quỹ đạo và một số đặc trưng của siêu bão

b. Kết quả và thảo luận

Đê biển ở Hải Phòng hiện tại phổ biến có mực nước thiết kế là 3,4 m hoặc 3,65 m, tương đương 5,26 hoặc 5,47 m so với “0” hải đồ. Có 6 tuyến đê biển ở khu vực Hải Phòng với tổng chiều dài khoảng 103 km. Trên các tuyến đê có nhiều tuyến kè và cống xung yếu hay có khu dân cư ở sát đê [3].

Kết quả tính toán cho thấy, dưới ảnh hưởng của siêu bão, mực nước tổng cộng ở khu vực ven biển

Hải Phòng dâng lên rất cao. Khu vực bị ảnh hưởng mạnh là từ cửa sông Ba Lạt đến bờ biển phía bắc Quảng Ninh nằm phía bên phải của vị trí bão đổ bộ theo hướng di chuyển của bão. Khu vực nước dâng do bão lớn nhất nằm ở khu vực đê biển Đình Vũ và cửa Cấm với độ cao nước dâng khoảng 4,3 m và mực nước tổng cộng là trên 5,3 m (Hình 5). Bảng 1 trình bày mực nước lớn nhất tại một số vị trí ở khu vực cửa sông, ven biển Hải Phòng.



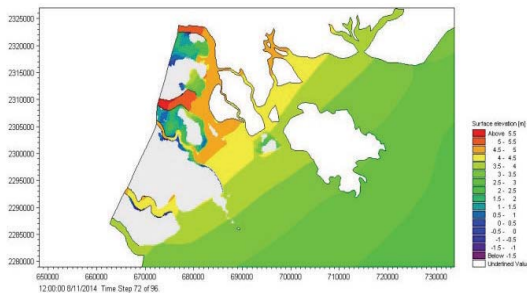
Hình 5. Biến trình mực nước và độ lớn nước dâng do siêu bão tại đê Đình Vũ

Bảng 1. Mực nước tổng cộng và nước dâng lớn nhất do siêu bão

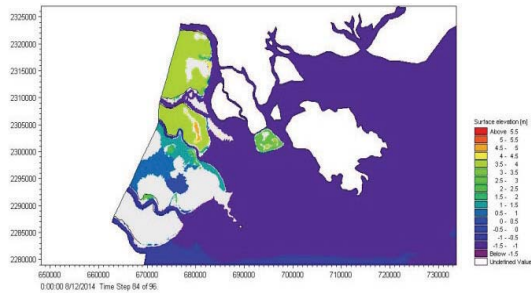
STT	Vị trí	Mực nước lớn nhất (m)	Nước dâng do bão lớn nhất (m)
1	Cửa Lạch Huyện	4,38	3,55
2	Văn Phong	4,48	3,66
3	Ninh Tiếp	4,81	3,93
4	Cửa sông Rút	5,25	4,35
5	Cửa Cấm	5,31	4,39
6	Đình Vũ	5,18	4,29
7	Hải An	5,26	4,38
8	Cửa Lạch Trach	5,12	4,25
9	Tân Thành	4,68	3,81
10	Vạn Hưng	4,09	3,24
11	Bàng La	4,17	3,31
12	Cửa sông Văn Úc	4,17	3,31
13	Tiên Lãng	3,78	2,90
14	Cửa sông Thái Bình	3,78	2,92

Kết quả tính toán tại bảng 1 và trường mực nước được mô tả trong hình 6 cho thấy, hầu hết cao trình các tuyến đê biển và các tuyến đê sông trên sông Lạch Tray, sông Cấm, sông Đá Bạc và đảo Cát Hải

đều thấp hơn mực nước tổng cộng trong siêu bão, nước biển tràn qua các tuyến đê gây ngập lụt các vùng đất phía trong đê.



a) 12h, ngày 11/8/2014

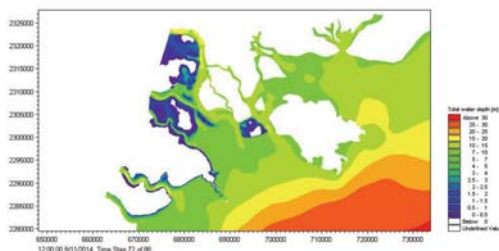


b) 0h, ngày 12/8/2014

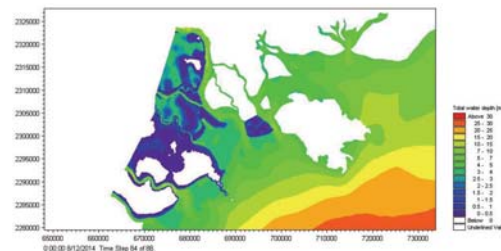
Hình 6. Trường mực nước trong siêu bão khu vực Hải Phòng

Hình 7 trình bày diện ngập khu vực Hải Phòng. Tổng diện tích ngập trên 1500 km² của hơn 200 xã, phường, thị trấn thuộc 15 quận/huyện thành của Hải Phòng. Tỷ lệ diện tích đất bị ngập chiếm khoảng 80% diện tích toàn thành phố. Ước tính số dân bị

ảnh hưởng bởi nước dâng do siêu bão là trên 1,8 triệu người. Phần lớn diện tích huyện Thủy Nguyên và các quận nội thành bị ngập hoàn toàn, nhiều khu vực bị ngập sâu đến 2 m, đặc biệt một số khu vực ngập sâu đến 4 m.



a) 12h, ngày 11/8/2014



b) 0h, ngày 12/8/2014

Hình 7. Diện ngập lụt do siêu bão gây ra cho khu vực Hải Phòng

Với kết quả tính toán ở trên cho thấy, hệ thống đê hiện tại ở Hải Phòng chưa đáp ứng yêu cầu bảo vệ vùng đất sau đê trước nguy cơ ngập gây bởi nước dâng do siêu bão. Trong tương lai, do biến đổi khí hậu, nguy cơ nước dâng do siêu bão kết hợp với mực nước biển dâng có thể làm nghiêm trọng hơn, dẫn đến những hệ lụy khôn lường đối với con người, môi trường và kinh tế-xã hội.

5. Kết luận

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, trong tương lai, các cơn bão rất mạnh và các siêu bão có thể xuất

hiện ở Biển Đông. Với kịch bản siêu bão có cường độ tương tự như siêu bão Haiyan đổ bộ vào khu vực Hải Phòng, mực nước tổng cộng lớn nhất ở khu vực ven biển Hải Phòng vượt qua 5,3 mét và gây ngập cho hầu như toàn bộ diện tích các quận nội thành và huyện Thủy Nguyên và phần lớn diện tích các huyện khác. Nhiều vùng ngập sâu đến 2 m, đặc biệt một số vùng ngập sâu đến 4 m. Hệ thống đê hiện tại ở Hải Phòng chưa đáp ứng được yêu cầu bảo vệ vùng đất sau đê trước nguy cơ ngập gây bởi nước dâng do siêu bão.

Để đánh giá chính xác được khả năng ngập gây bởi nước dâng do siêu bão, cần thiết phải có các nghiên cứu chuyên sâu và chi tiết hơn. Trong đó, quan trọng nhất là cần xây dựng các bản đồ nguy

cơ ngập gây bởi nước dâng do siêu bão cho khu vực ven biển Việt Nam phục vụ công tác chỉ đạo công tác phòng chống siêu bão.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*, 2012.
2. Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp nhà nước NCKH-06 (1996-2000), *Biển Đông, Tập II, Khí tượng Thủy văn Động lực biển*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2003.
3. Nguyễn Xuân Hiên, *Nghiên cứu nước dâng do bão có tính đến ảnh hưởng của sóng và áp dụng cho vùng ven biển Hải Phòng*, Luận án Tiến sĩ, Hà nội, 2013.
4. Phạm Văn Ninh, *Nước dâng do bão và gió mùa*, Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp nhà nước KHCN-06 (1996-2000), *Biển Đông, Tập II, Khí tượng Thủy văn động lực biển*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội.
5. Đinh Văn Ưu và nnk (2010). *Đánh giá biến động mực nước biển cực trị do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu phục vụ chiến lược kinh tế biển*. Báo cáo tổng kết đề tài KC-09.23/06-10, Hà Nội.
6. IPCC (2013), *The Physical Science Basic, Fifth Assessment Report*.
7. Vecchi G. and Thomasr K. *On Estimates of Historical North Atlantic Tropical Cyclone Activity*, *Jornal of Climate*, 2008, pp. 3580 - 1596.