



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Swiss Cooperation Office in Vietnam**



# Vấn đề dưới mặt đất - Sụt lún đất tại Đồng Bằng Sông Cửu Long

Thực thi bởi

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



# Vấn đề dưới mặt đất - Sụt lún đất tại Đồng bằng sông Cửu Long

# MỤC LỤC

1. TÓM TẮT NỘI DUNG.....	6
2. GIỚI THIỆU .....	8
3. KHUNG PHÁP LÝ VÀ THỂ CHẾ.....	10
4. NĂM BƯỚC QUẢN LÝ SỤT LÚN ĐẤT .....	18
4.1. Đo lường mức độ sụt lún.....	19
4.2. Tìm hiểu nguyên nhân gây sụt lún đất .....	34
4.3. Tìm hiểu về tác động của tình trạng sụt lún đất .....	37
4.3.1 Dự báo DEM.....	37
4.3.2. Mức tăng tương đối của cao độ mực nước .....	39
4.3.3 Sự không ổn định của các công trình xây dựng / hạ tầng.....	42
4.3.4 Xâm nhập mặn .....	47
4.4. Giảm thiểu tốc độ sụt lún đất.....	48
4.5. Thích ứng với sụt lún đất.....	51
5. KẾT LUẬN .....	54
6. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP.....	56





# CÁC TỪ VÀ CỤM TỪ VIẾT TẮT

BBK	Cục Cứu trợ và Phòng chống Thiên tai Liên bang Đức
BGR	Viện Khoa học Địa chất và Tài nguyên Liên bang Đức
DEM	Mô hình số độ cao
DSM	Mô hình số bề mặt
DTM	Digital Terrain Model (Mô hình số địa hình)
ESRI	Environmental Systems Research Institute (Học viện nghiên cứu hệ thống môi trường)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit Tổ chức Hợp tác Phát triển Đức
GNSS	Global Navigation Satellite System (Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu)
GS	Ground subsidence (sụt lún đất)
InSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar (Ra đa khẩu độ tổng hợp giao thoa)
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn)
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment (Bộ Tài nguyên và Môi trường)
PS	Persistent Scatterer (Vật tán xạ ổn định)



# 01 Tóm tắt nội dung

Mục đích của báo cáo này nhằm góp phần nâng cao hiểu biết về tình hình sụt lún đất tại Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Có nhiều yếu tố tác động đến bề mặt đất lún dần trong khu vực này. Sụt lún diễn ra ở mức độ nào? Tại những vị trí nào? Tốc độ nhanh lên hay chậm dần? Đó là những câu hỏi đơn giản. Dựa trên số liệu hiện có, không khó để tìm lời giải đáp cho những câu hỏi trên. Trái lại, câu hỏi vì sao sụt lún đất lại xảy ra và có thể làm gì để giảm thiểu tác động của hiện tượng này phức tạp hơn rất nhiều. Rõ ràng là các yếu tố tự nhiên và nhân tạo đều có tác động đến sụt lún đất, nhưng những yếu tố khác nhau tác động ở mức độ nào tại từng địa điểm thì vẫn chưa được hiểu một cách thấu đáo.

Đóng góp chính của báo cáo này là việc đưa ra số liệu mới mô tả sụt lún đất áp dụng phương pháp sử dụng dữ liệu vệ tinh. Vệ tinh radar thu thập được dữ liệu số lượng lớn với mức độ chính xác cao bao trùm toàn bộ vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Số liệu mới mô tả sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng của 750.000 điểm tại ĐBSCL và đối với mỗi điểm có số liệu tại 180 chuỗi thời gian khác nhau. Như vậy tổng cộng có hơn 135 triệu giá trị và có thể thực hiện so sánh với các số liệu đã có từ trước. Quy mô lớn của số liệu cho phép phân tích chi tiết hơn về không gian và thời gian của sụt lún. Một số cơ sở hạ tầng như các tòa nhà, cầu, cột điện có thể được nhận diện và độ phân giải cao về thời gian (chuỗi thời gian từ cuối năm 2014 đến đầu năm 2019) cho thấy sự tăng thêm liên tục trong thời gian 4 năm qua. Ví dụ, các khu vực đô thị hóa sụt lún từ 2-4 cm/năm và các khu vực nông nghiệp sụt lún ở mức 0.5-1 cm/năm. Số liệu

này cũng khẳng định những phát hiện từ các nghiên cứu trước dù nghiên cứu này được thực hiện chi tiết và có đưa ra kết quả thuyết phục.

Tác động của sụt lún đối với các khía cạnh khác nhau của đời sống con người là khá rõ ràng và dễ nhận thấy tại khu vực ĐBSCL. Hầu hết mỗi con đường hay cây cầu đều nhắc nhở người điều hành phương tiện về việc các con đường lún nhanh hơn các cây cầu, dẫn tới sự chênh lệch độ cao khiến cho tốc độ của phương tiện phải chậm lại đáng kể khi lên hay xuống cầu. Tuy nhiên, đây mới chỉ là một trong số nhiều tác động của sụt lún. Những tác động khác phải kể đến là gia tăng lũ trên sông, sạt lở, xâm nhập mặn từ nước biển, sự mất ổn định của các tòa nhà (ngiên, nứt), đê chắn sóng, cống thoát nước. Về lâu dài, các khu vực trũng sẽ bị ngập vĩnh viễn. Đây là những tác động không ai mong muốn. Tìm cách giảm thiểu sụt lún và các hoạt động giảm thiểu những tác động tiêu cực này hiện đang được xem xét nhưng đến nay vẫn chưa thực hiện được nhiều hành động cụ thể.

Khung chính sách và quy định còn phức tạp và vai trò, trách nhiệm quản lý nhà nước tại cấp trung ương và cấp tỉnh chưa rõ ràng. Một vấn đề quan trọng vừa mang tính kỹ thuật vừa mang ý nghĩa về mặt tài chính là khai thác nước ngầm. So với các nhân tố khác, có vẻ như giảm thiểu tác động của khai thác nước ngầm đối với sụt lún là điều đơn giản, chỉ cần giảm hoặc ngừng bơm khai thác nước ngầm. Tuy nhiên, thực tế cho thấy việc thi hành quy định về khai thác nước ngầm còn nhiều khó khăn, hạn chế.

Các hoạt động quản lý sụt lún đất được đề xuất như sau:

1. Đo lường mức độ sụt lún (thu thập số liệu về sự dịch chuyển đất nền)
2. Hiểu về nguyên nhân gây sụt lún (nghiên cứu các yếu tố tác động)
3. Hiểu về những tác động tiêu cực của sụt lún
4. Giảm thiểu sụt lún (giảm về tốc độ)
5. Thích ứng với sụt lún (sống chung với sụt lún đất)





# 02

## Giới thiệu

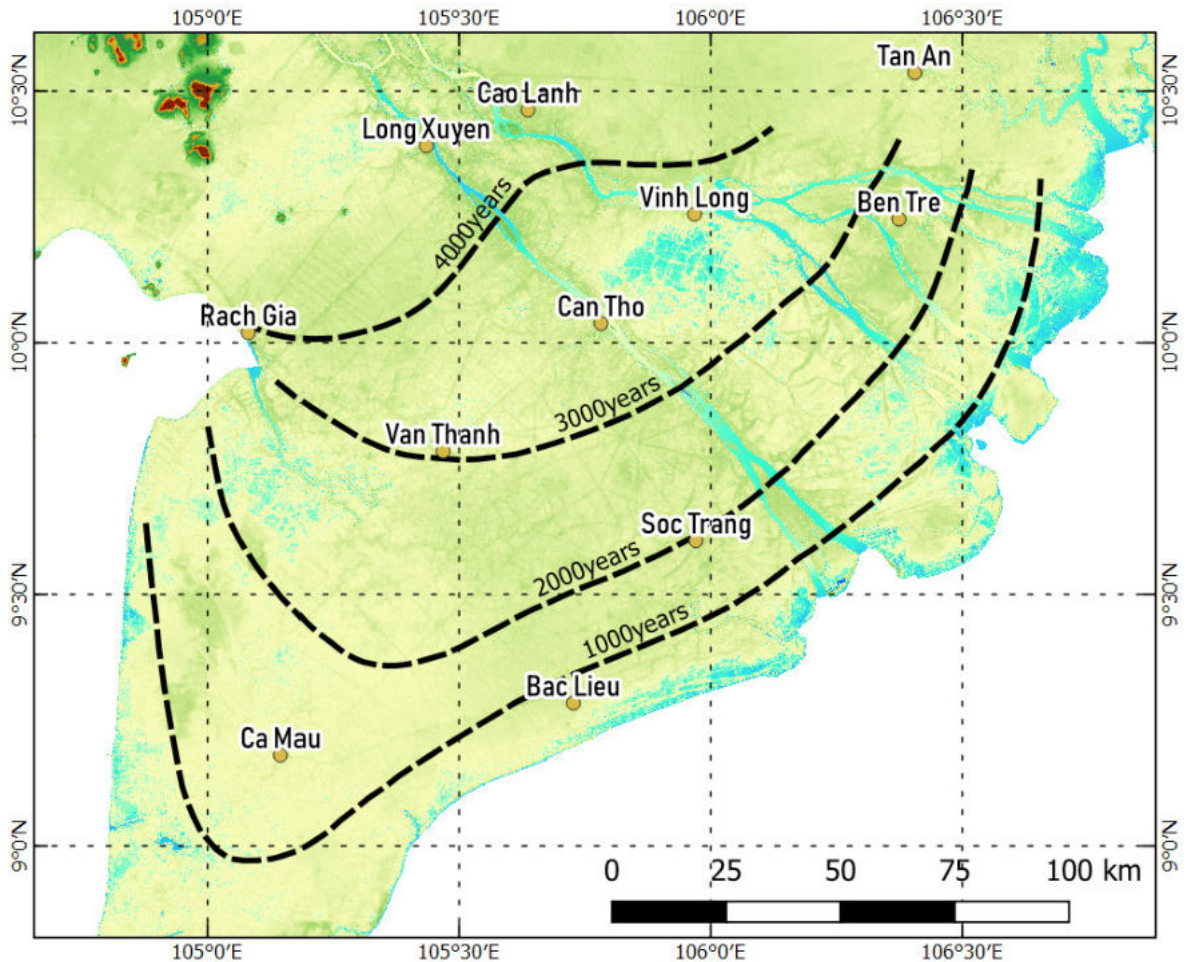
Photo © Kim de Wit

Đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam là một trong những đồng bằng lớn nhất thế giới. Giống như các đồng bằng khác, đất đai ở đây chỉ ở ngay trên mực nước biển và bị đe dọa bởi mực nước biển dâng. Đây là điều đã được biết đến và trong nhiều thập kỷ, Việt Nam được coi là một trong những quốc gia dễ bị tổn thương nhất do biến đổi khí hậu. Một ngày nào đó, những khu vực trũng của Đồng bằng sông Cửu Long sẽ bị ngập do mực nước biển dâng nếu không thực hiện các giải pháp hiệu quả. Ngoài mực nước biển dâng, còn có một hiện tượng khác nữa có thể làm cho tình hình trở nên nghiêm trọng hơn. Đất nền bị lún ở mức nhanh hơn mực nước biển dâng. Ở một số nơi, mức sụt lún đất còn cao hơn 5-7 lần so với mực nước biển dâng.

Trước tiên chúng ta cần phải tìm hiểu sụt lún đất nền đang diễn ra ở đâu, quy mô như thế nào, mức độ nhanh chậm, tăng thêm hay chậm dần. Thứ hai là cần làm rõ những nguyên nhân gây sụt lún. Bước thứ ba là xem xét những hậu quả, tác động của sụt lún đối với cuộc sống người dân tại ĐBSCL. Rõ ràng là việc sụt lún cứ tiếp diễn mà không được giảm thiểu sẽ làm cho các khu vực trũng bị ngập trong nước. Đến nay, nhiều tác động đã trở nên rõ ràng hơn, và hiểu rõ về các tác động là điều cần thiết để lập kế hoạch và thực hiện các giải pháp khắc phục và xây dựng chiến lược dài hạn.



ĐBSCL là đồng bằng tương đối trẻ tính theo niên đại địa chất, chỉ mới xuất hiện khoảng 6.000 năm trước sau thời kỳ băng hà cuối cùng khi sông Mekong bắt đầu mang theo trầm tích từ dãy núi Himalaya xuống khu vực là Campuchia ngày nay. Trầm tích lắng lại trên biển và đáy biển nâng lên cho đến khi trở thành đất liền. Dần dần, đường bờ biển được đẩy ra xa dần đến vị trí như ngày nay. Ở những thời kỳ nhất định trong năm, các đồng bằng phù sa bị ngập. Trầm tích được lắng lại và theo thời gian, nén lại theo quy trình tự nhiên. Bề mặt đất không được nâng lên ở mức tương xứng với mức nén của trầm tích cũ, và được bù đắp từ lượng trầm tích mới.



**Hình 1: Diễn biến bồi tụ và xói lở tại Đồng bằng sông Cửu Long**

Các đường nét đứt cho thấy đường bờ biển ở vị trí khác nhau theo thời gian khác nhau. Đối với hướng địa lý, địa điểm và độ cao địa hình hiện tại được thể hiện.

Quy trình tự nhiên diễn ra trong hàng ngàn năm nhưng bị thay đổi đáng kể khi con người xây dựng các kênh thoát nước để phục vụ mục đích canh tác. Ở nhiều khu vực thuộc ĐBSCL, ngập lụt đã được giảm thiểu rất nhiều và chỉ còn hạn chế ở một số khu vực hoặc chỉ ngập úng vài năm một lần khi lượng nước từ sông Mekong tăng lên đáng kể. Vì vậy, trầm tích trên sông lắng lại nhiều ở các con kênh, rạch hoặc tiếp tục ra biển. Trầm tích không còn trải đều ra nhiều vùng rộng lớn của đồng bằng nữa. Mặc dù vậy, đất nền tiếp tục được nén lại gây nên sụt lún bề mặt. Quá trình này cũng chịu nhiều tác động của con người. Sức nặng của cơ sở hạ tầng, công trình xây dựng mà bề mặt phải chịu tải cũng như việc khai thác nước ngầm càng làm tăng thêm mức độ sụt lún. Tác động của yếu tố tự nhiên và con người đối với sụt lún đất ở mức khác nhau tại các khu vực khác nhau. Điều này đến nay chưa được hiểu rõ và vì vậy cần có những nghiên cứu sâu hơn để xác định mức độ tác động của các yếu tố đối với sụt lún đất.



# 03 Khung pháp lý và thể chế

Trong các quy định pháp lý, các thuật ngữ thường được định nghĩa và giải thích một cách rõ ràng ở các đoạn đầu của luật hay các văn bản dưới luật như nghị định. Nhưng thuật ngữ “sụt lún đất” chưa được định nghĩa rõ ràng trong bất kỳ luật nào dù đã được đề cập đến trong một số văn bản. Đến nay, chưa có luật nào đưa thuật ngữ này vào phần giải thích từ ngữ. Báo cáo này sử dụng định nghĩa về sụt lún đất trong Wikipedia: Sụt lún đất là hiện tượng hạ thấp đột ngột hoặc dần dần của bề mặt đất mà không có hoặc có rất ít biến chuyển theo chiều ngang. Định nghĩa về sụt lún đất không hạn chế ở mức độ, quy mô hay diện tích tác động trong sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng này. Sụt lún có thể do các quy trình tự nhiên hay nhân tạo.

Thuật ngữ “sụt lún đất” có ý nghĩa khác nhau trong các văn bản pháp lý của Việt Nam. Luật Tài nguyên nước sử dụng thuật ngữ này theo cách hiểu quốc tế. Luật này cấm khai thác nước ngầm nếu việc này gây ra sụt lún đất. Một luật khác đề cập đến sụt lún đất do lũ và các dòng chảy - có nghĩa là sạt lở bờ sông. Thuật ngữ “sạt lở đất” thường được sử dụng trong các tài liệu bằng tiếng Anh tại Việt Nam song lại có nghĩa khác với ý nghĩa của từ này theo cách hiểu quốc tế vì nó mang nghĩa là sạt lở đất, không phải sạt lở bờ sông. Trong một số tài liệu, sạt lở đất cũng có nghĩa là sụt lún.

Điều này cho thấy cần phải đưa ra một định nghĩa có tính pháp lý về sụt lún đất để làm rõ những nội dung mà các luật và nghị định quy định.

Đối chiếu với thuật ngữ được quốc tế sử dụng rộng rãi (có ý nghĩa tiêu cực, dịch chuyển theo phương thẳng đứng, không có sự dịch chuyển theo chiều ngang) thì một số quy định của Việt Nam không hoàn toàn nói đến sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng này mà lại nói về các hiện tượng khác. Các luật và quy định pháp lý liên quan đến chủ đề này bao gồm:

- **Luật Đất đai:**

Luật Đất đai cho phép nhà nước được quyền thu hồi đất do người dân sử dụng vì nhiều lý do trong đó có lý do đất có nguy cơ sạt lở, sụt lún, bị ảnh hưởng bởi hiện tượng thiên tai. Nghị định số 43/2014/NĐ-CP ngày 15 tháng 05 năm 2014 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Đất đai quy định:

Trình tự, thủ tục thu hồi đất ở trong khu vực bị ô nhiễm môi trường có nguy cơ đe dọa tính mạng con người; đất ở có nguy cơ sạt lở, sụt lún, bị ảnh hưởng bởi hiện tượng thiên tai khác đe dọa tính mạng con người được quy định rõ, có vẻ như cả “sạt lở” và “sụt lún” đều được coi là thiên tai mà không phải là một yếu tố góp phần tạo nên thiên tai.

- **Luật Phòng chống Thiên tai** quy định thiên tai bao gồm: bão, áp thấp nhiệt đới, lốc, sét, mưa lớn, lũ, lũ quét, ngập lụt, sạt lở đất do mưa lũ hoặc dòng chảy, **sụt lún đất do mưa lũ hoặc dòng chảy**, nước dâng, xâm nhập mặn, nắng nóng, hạn hán, rét hại, mưa đá, sương muối, động đất, sóng thần và các loại thiên tai khác. Sụt lún đất không phải là hiện tượng xảy ra do mưa lũ hay dòng chảy, có thể từ “sụt lún” trong Luật này chỉ sạt lở đất ở bờ sông hay sườn núi. Vì vậy, cần phải bổ sung sụt lún đất là một yếu tố góp phần tạo nên thiên tai vì bản thân sụt lún chậm không phải là thiên tai.
- **Thông tư số 41/2016/TT-BTNMT** ngày 21 tháng 12 năm 2016 quy định về quy trình kỹ thuật dự báo, cảnh báo hiện tượng khí tượng thủy văn nguy hiểm có đề cập sụt lún đất do mưa lũ hoặc dòng chảy. Sụt lún đất không phải do mưa lũ hay dòng chảy từ sông gây ra, nên từ “sụt lún” trong trường hợp này có thể chỉ các hiện tượng thiên tai khác như sạt lở bờ sông hoặc sạt lở **đất** trên các sườn núi.
- **Thông tư số 60/2015/TT-BTNMT** ngày 15 tháng 12 năm 2016 quy định kỹ thuật điều tra, đánh giá đất đai: Tổng Cục Quản lý Đất đai trực thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường chịu trách nhiệm quan trắc, theo dõi tài nguyên đất bao gồm vấn đề sụt lún đất tại các khu vực miền núi, sạt lở bờ sông và vùng duyên hải.



Sụt lún đất không có đặc điểm xảy ra tại khu vực miền núi mà ở khu vực đồng bằng phù sa. Vì vậy, có lẽ “sụt lún đất” trong trường hợp này có nghĩa là sụt lở vốn là hiện tượng thường xuyên xảy ra ở miền núi.

Xem xét những tác động lớn mà sụt lún đất đã và đang gây ra đối với nhiều khu vực của Việt Nam, có lẽ các quy định hiện có là chưa đủ để giải quyết những rủi ro của ngập úng, sụt lở và xâm nhập mặn. Hai bộ phụ trách chính về hiện tượng này (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Bộ Tài nguyên và Môi trường) chưa bao quát được đầy đủ các khía cạnh trong sụt lún đất nếu tính đến các quy định pháp luật hiện có.

1. Đo lường mức độ sụt lún (thu thập số liệu về dịch chuyển đất nền)
2. Hiểu về nguyên nhân gây sụt lún (nghiên cứu các yếu tố tác động)
3. Hiểu về những tác động tiêu cực của sụt lún
4. Giảm thiểu sụt lún (về tốc độ)
5. Thích ứng với sụt lún.

Các bước quản lý sụt lún đất	Cơ quan chịu trách nhiệm	Cơ sở pháp lý
<b>Đo lường</b>	Chưa quy định	Chưa có
Hiểu về nguyên nhân gây sụt lún	Chưa quy định	Chưa có
Hiểu về tác động của sụt lún	Bộ TN&MT (chỉ bao gồm tác động đối với nước)	Luật 17/2012/QH Thông tư 42/2015/TT-BTNMT
<b>Giảm thiểu</b>	Bộ TN&MT Tổng Cục Phòng Chống Thiên tai (PCTT)	Luật 17/2012/QH Thông tư 42/2015/TT-BTNMT Quyết định 48/2017/QĐ-TTg
<b>Thích ứng</b>	Tổng cục PCTT chịu trách nhiệm về phòng chống thiên tai, có thể hiểu là bao gồm cả thích ứng.  Nhiều cơ quan, đơn vị khác nên lồng ghép thích ứng với sụt lún song điều này vẫn chưa được đưa vào các văn bản có tính pháp lý.	Quyết định 48/2017/QĐ-TTg

Những lĩnh vực còn hạn chế và cần được khắc phục bao gồm:

### Đo lường mức độ sụt lún

Hiện nay ở Việt Nam vẫn chưa có quy định chi tiết về quan trắc sụt lún đất. Chưa có cơ quan, đơn vị nào có nghĩa vụ và trách nhiệm đo lường mức độ sụt lún. Tần suất thu thập số liệu, quy mô, mật độ, tốc độ tăng giảm, xác định các khu vực có tốc độ sụt lún cao cũng như các sản phẩm tiêu chuẩn cần có (bản đồ, bảng biểu, tần suất cập nhật) chưa được quy định trong các văn bản pháp lý. Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam thuộc Bộ TNMT có thể được giao thực hiện nhiệm vụ này. Một số dữ liệu về sụt lún đất đã được thu thập nhưng vẫn chưa được xuất bản, công bố.

- **Luật Đo đạc và Bản đồ<sup>14</sup>:** Mặc dù Luật Đo đạc và Bản đồ có quy định xây dựng bản đồ phục vụ phòng, chống thiên tai, cứu hộ, cứu nạn, khắc phục sự cố môi trường, ứng phó với biến đổi khí hậu, việc quan trắc sụt lún đất không được đề cập đến. Việc thường xuyên quan trắc độ cao bề mặt đất để phát hiện và đo lường sụt lún đất là nền tảng để thực hiện bất kỳ bước tiếp theo nào, vì vậy, nên quy định rõ trong luật để tăng cường các nỗ lực đối phó với hiện tượng này.

## Hiểu về nguyên nhân gây sụt lún

Hiện nay chưa có cơ quan nào của Việt Nam chính thức được giao nhiệm vụ nghiên cứu nguyên nhân của sụt lún. Một số nghiên cứu được thực hiện một cách tự nguyện. Bộ TNMT và các cục vụ trực thuộc có thể được chọn là cơ quan nghiên cứu các yếu tố tác động đến sụt lún. Một phương án có thể thực hiện là lồng ghép nghiên cứu sụt lún đất trong Luật Phòng chống Thiên tai vì luật này đã có quy định về nghiên cứu liên quan đến thiên tai, song sụt lún lại không được coi là một hiểm họa hay một hiện tượng cần nghiên cứu<sup>15</sup>. Thông qua việc đưa thuật ngữ “sụt lún đất” trong danh mục các hiểm họa theo luật, Bộ TNMT sẽ chịu trách nhiệm thực hiện những nghiên cứu đó. Theo Quyết định số 48/2017/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ<sup>16</sup>, Tổng Cục Địa chất và Khoáng sản của Việt Nam thuộc Bộ TNMT chịu trách nhiệm thực hiện những nghiên cứu này. Chính phủ cần làm rõ vai trò và trách nhiệm của mỗi bộ, cục, vụ cũng như của cấp địa phương.

## Hiểu về tác động của sụt lún

Luật Phòng chống Thiên tai quy định nghiên cứu về tác động của thiên tai là một nội dung trong kế hoạch quốc gia về phòng chống thiên tai<sup>17</sup>. Kế hoạch cần có đánh giá về rủi ro thiên tai và tác động là yếu tố góp phần tạo nên những rủi ro này. Nếu “sụt lún đất” được đưa vào danh mục các hiểm họa do luật quy định, thì nghiên cứu về tác động của sụt lún sẽ là một nội dung trong kế hoạch phòng chống thiên tai. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn chịu trách nhiệm lập kế hoạch này<sup>18</sup>.

Luật Tài nguyên nước số 15/2012/L-CTN quy định những nguyên nhân gây tác động tiêu cực đối với nước cần phải được đánh giá và là một phần trong quy hoạch thủy lợi<sup>19</sup>.

## Giảm thiểu sụt lún đất

Nội dung này đã được lồng ghép trong Luật Thủy lợi (không được khai thác nước ngầm nếu điều này gây sụt lún đất), nhưng những lý do như thiếu phù sa trên những cánh đồng thì chưa được đưa vào. Việc này thuộc trách nhiệm của Bộ NN&PTNT.

Những quy định và thể chế chủ yếu liên quan đến giảm thiểu sụt lún bao gồm:

- **Quyết định về Chức năng, Nhiệm vụ, Quyền hạn và Cơ cấu Tổ chức của Tổng Cục Phòng, Chống Thiên tai trực thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Luật Phòng, Chống Thiên tai** quy định Tổng Cục Phòng, Chống Thiên tai thực hiện các đề tài, nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ về phòng, chống thiên tai<sup>20</sup>. Mặc dù luật không quy định rõ sụt lún đất là một yếu tố góp phần tạo nên thiên tai, Tổng cục PCTT vẫn cần nghiên cứu các yếu tố khác nhau góp phần gây nên thiên tai, bao gồm sụt lún đất.
- **Luật Tài nguyên Nước<sup>21</sup>:** Theo chúng tôi được biết, đây là luật duy nhất tại Việt Nam nói đến sụt lún đất một cách trực tiếp và đưa sụt lún đất trong các quy định một cách đầy đủ. Sụt lún đất được đề cập đến 12 lần trong 5 trên 79 điều của Luật Tài nguyên Nước. Luật yêu cầu không được sử dụng các nguồn nước gây nên hoặc làm tăng mức độ sụt, lún đất (ví dụ điều 62).

Bộ Tài nguyên và Môi trường là cơ quan chủ chốt của Việt Nam chịu trách nhiệm thực thi Luật Tài nguyên Nước trong đó có các quy định về phòng, chống và giảm thiểu sụt lún. Nội dung này cũng được chi tiết hóa thông qua một số quy định về quản lý và cấp phép khai thác nước ngầm:

- Nghị định số 167/2018/NĐ-CP ngày 26 tháng 12 năm 2018 quy định việc hạn chế khai thác nước dưới đất: sụt lún đất là một yếu tố xác định các khu vực bị hạn chế<sup>22</sup>.
- Thông tư số 75/2017/TT-BTNMT quy định về bảo vệ nước dưới đất trong các hoạt động khoan, đào, thăm dò, khai thác nước dưới đất: ngừng các hoạt động trên nếu việc khoan giếng, thăm dò các tầng chứa nước hoặc các hình thức khai thác khác gây nên sụt lún đất.
- Thông tư số 72/2017/TT-BTNMT ngày 29 tháng 12 năm 2017 quy định về việc xử lý, trám lấp giếng không sử dụng: các loại giếng vận hành gây sụt lún đất và ảnh hưởng đến số lượng và chất lượng nước ngầm, hoặc gây ảnh hưởng tiêu cực đến các công trình xây dựng, cộng đồng người dân địa phương đều cần được trám lấp.
- Thông tư số 42/2015/TT-BTNMT ngày 29 tháng 9 năm 2015 quy định kỹ thuật quy hoạch tài nguyên nước: sụt lún được coi là một trong những hậu quả của việc khai thác nước ngầm; thông tư đưa ra những giải pháp giảm thiểu phù hợp, bao gồm xác định những khu vực hạn chế khai thác nước ngầm, xác định ngưỡng khai thác nước ngầm và kế hoạch giảm thiểu khai thác nước ngầm, xác định các nguồn nước thay thế, đề xuất quản lý bổ cập tầng chứa nước.
- Thông tư số 08/2015/TT-BTNMT ngày 26/2/2015 quy định kỹ thuật bơm nước thí nghiệm trong điều tra, đánh giá tài nguyên nước dưới đất trong đó quy định khi bơm nước thí nghiệm trong tầng chứa nước lỗ hổng và đất đá karst, các nguy cơ sụt lún mặt đất, thì phải có biện pháp phòng ngừa.
- Thông tư 27/2014/TT-BTNMT ngày 30 tháng 5 năm 2014 quy định việc đăng lý khai thác nước dưới đất, mẫu hồ sơ cấp, gia hạn, điều chỉnh, cấp lại giấy phép tài nguyên nước: sụt lún đất là một trong các tiêu chí xác định các khu vực phải đăng ký khai thác nước dưới đất.
- Thông tư số 40/2014/TT-BTNMT ngày 11 tháng 7 năm 2014 quy định việc hành nghề khoan nước dưới đất: trường hợp gây sụt lún đất hoặc gây sự cố bất thường khác ảnh hưởng đến công trình xây dựng và đời sống nhân dân trong khu vực thi công công trình thì phải ngừng ngay việc thi công và người được cấp phép hành nghề phải xử lý, khắc phục kịp thời,
- Quyết định số 15/2008/QĐ-BTNMT ngày 31 tháng 12 năm 2008 ban hành quy định bảo vệ tài nguyên nước dưới đất: cấm xây dựng mới các công trình khai thác nước ngầm ở những khu vực bị sụt lún<sup>23</sup>
- Bộ TNMT đã dự báo trước và tích cực đưa ra những giải pháp để vượt qua những thách thức về sụt lún đất thông qua việc xây dựng và dần cải thiện khung pháp lý giảm thiểu sụt lún đất, đặc biệt là trong khai thác nước ngầm. Tuy nhiên, vì những lý do kỹ thuật và thể chế, việc thực hiện những quy định này còn hạn chế. Ví dụ, chưa có quy định rõ ràng về (các) ngưỡng và tiêu chí áp dụng cho những khu vực được coi là bị ảnh hưởng bởi sụt lún đất; hay cũng chưa rõ có phải đưa ra những bằng chứng về mối quan hệ nhân quả giữa sụt lún đất quan trắc được với việc khai thác nước ngầm tại một khu vực nhất định hay đối với nguồn nước ngầm bị hạn chế hay không. Đây là một vấn đề rất phức tạp đặc biệt là ở đồng bằng sông Cửu Long vì nước ngầm được khai thác từ 7 tầng chứa nước khác nhau và hiện nay vẫn chưa xác định được khai thác ở độ sâu nào và nguồn khai thác nào tác động đến sụt lún đất quan trắc được trên bề mặt.



## Thích ứng với sụt lún đất

Sụt lún đất không dễ dàng kiểm soát được và có lẽ chiến lược đối phó chính là thích ứng với hiện tượng này. Một phần quan trọng khi xây dựng chiến lược ứng phó là dự báo ngập lụt, sụt lún và xâm nhập mặn. Những dự báo này nên được thực hiện bằng cách xem xét những yếu tố khác như mực nước biển dâng do các chuyên gia thủy văn của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (hoặc một cục, vụ trực thuộc được Bộ giao). Sản phẩm nên là các dự báo về sụt lún đất mang tính pháp lý để các cơ quan, đơn vị khác sử dụng, trong đó bao gồm quy hoạch sử dụng đất, thủy lợi, xây dựng hạ tầng, khu thương mại, khu dân cư. Việc xem xét các số liệu chính thức về sụt lún nên được lồng ghép trong các luật liên quan (khí tượng thủy văn, đất đai, thủy lợi, phòng chống thiên tai, xây dựng).

- **Quyết định về Chức năng, Nhiệm vụ, Quyền hạn và Cơ cấu Tổ chức của Tổng Cục Phòng, Chống Thiên tai trực thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Luật Phòng, Chống Thiên tai** quy định Tổng Cục Phòng, Chống Thiên tai thực hiện các đề tài, nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ về phòng, chống thiên tai<sup>24</sup>. Mặc dù luật không quy định rõ sụt lún đất là một yếu tố góp phần tạo nên thiên tai, Tổng cục PCTT vẫn cần nghiên cứu các yếu tố khác nhau góp phần gây nên thiên tai, bao gồm sụt lún đất.

Có một số luật không đề cập đến sụt lún đất, song cũng nên cân nhắc đưa vấn đề sụt lún đất trong thiết kế các giải pháp thích ứng.

- **Luật Thủy lợi**<sup>25</sup>: Luật Thủy lợi không đề cập đến sụt lún đất, song quy định quy hoạch thủy lợi phải dự báo xu thế phát triển và các kịch bản phát triển, nguồn nước trong bối cảnh chịu tác động của biến đổi khí hậu, thiên tai, phát triển các lưu vực sông...<sup>28</sup>. Ở đây, sụt lún đất nên được đề cập đến như một yếu tố góp phần làm thay đổi chế độ thủy lợi.
- **Luật Khí tượng Thủy văn** và nghị định quy định chi tiết một số điều của Luật Khí tượng Thủy văn<sup>27</sup>: Luật Khí tượng Thủy văn và Nghị định có một số lần đề cập đến mực nước biển dâng và biến đổi khí hậu nói chung. Rõ ràng là mực nước biển dâng và sụt lún đất đều có những tác động rất tương đồng nhau đối với chế độ dòng chảy của nước. GIZ cho rằng nếu xem xét các hiện tượng liên quan đến biến đổi khí hậu mà tách khỏi hiện tượng sụt lún đất thì vẫn còn chưa đủ.
- **Luật Xây dựng**<sup>28</sup>: Tài liệu đã ghi nhận tác động của sụt lún đất đối với các tòa nhà và các kết cấu khác. Sụt lún có thể gây nên những thiệt hại nghiêm trọng đe dọa chức năng của tòa nhà trong khi sụt lún đất không nhất thiết phải được xem xét khi thiết kế và xây dựng công trình hạ tầng. GIZ đề xuất khi thiết kế các tòa nhà và công trình hạ tầng cần bắt buộc tính đến việc thích ứng với sụt lún.

- **Nghị định 80 về Thoát nước và Xử lý Nước thải<sup>29</sup>:** Nghị định này không đề cập đến các hiểm họa thiên tai nhưng quy định cao độ nền là một yếu tố trong quy hoạch hệ thống thoát nước (Điều 6). Ở đây cũng là điểm thích hợp để đưa dư báo cao độ nền vì hệ thống thoát nước dự kiến sẽ tồn tại và hoạt động trong nhiều thập kỷ. Cao độ nền có thể thay đổi do sụt lún đất.
- **Luật Quy hoạch Đô thị<sup>30</sup>:** Theo Luật Quy hoạch Đô thị, quy hoạch hạ tầng đô thị phải lồng ghép các giải pháp ngăn chặn và giảm thiểu thiệt hại do thiên tai<sup>31</sup>, nhưng không có quy định phải cân nhắc sụt lún đất. GIZ đề xuất nên quy định rõ nội dung này khi sửa đổi, bổ sung luật này.
- **Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của 37 luật có liên quan đến quy hoạch<sup>32</sup>:** Cũng giống như Luật Quy hoạch Đô thị, Luật số 35 này không quy định chi tiết việc sử dụng số liệu về sụt lún đất song tất cả các quy hoạch đều liên quan đến sử dụng đất và đánh giá môi trường chiến lược. Điều này đòi hỏi phải có số liệu về đất đai bao gồm số liệu về sụt lún đất. GIZ đề xuất đưa nội dung này trong luật sửa đổi sau này.





# 04 Năm bước quản lý sụt lún đất

Báo cáo này chia các nội dung quản lý sụt lún đất thành năm bước như sau:



## 1. Đo lường mức độ sụt lún

- thu thập số liệu về dịch chuyển đất nền



## 2. Hiểu về nguyên nhân gây sụt lún

- nghiên cứu các yếu tố tác động



## 3. Hiểu về những tác động (tiêu cực) của sụt lún

- nghiên cứu tác động



## 4. Giảm thiểu sụt lún

- giảm tốc độ sụt lún



## 5. Thích ứng với sụt lún

- sống chung với sụt lún

Đất ở đồng bằng sông Cửu Long đang chìm dần với tốc độ khác nhau. Ở khu vực đô thị, sụt lún đất diễn ra nhanh hơn so với khu vực nông nghiệp. Độ phân giải về không gian và thời gian của số liệu thu được cần đủ chi tiết để hiểu về xu hướng sụt lún đất.

Vì sao đất bị sụt lún? Vì sao sụt lún đất lại diễn ra nhanh hơn ở đô thị? Vì sao tốc độ sụt lún đất không giảm đi ở hầu hết mọi nơi? Các nghiên cứu xác định được một số yếu tố gây nên sụt lún đất, song chính phủ, các đối tác phát triển và các nhà nghiên cứu vẫn chưa hiểu được mức độ đóng góp của từng yếu tố khác nhau này và hình thái tác động của chúng trong toàn bộ khu vực ĐBSCL.

Sụt lún đất chỉ là một yếu tố tác động đến sự phát triển của ĐBSCL. Các yếu tố khác bao gồm mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu, giảm lượng trầm tích của sông do xây dựng các đập và khai thác cát ở thượng lưu, tăng cường đê chống ngập, đô thị hóa. Những yếu tố này kết hợp lại sẽ gây ra những hậu quả đối với tương lai của người dân sinh sống ở khu vực ĐBSCL.

Vì hầu hết hậu quả của sụt lún đất được coi là không mong muốn nên việc giảm tốc độ hoặc thậm chí ngăn chặn sụt lún đất có ý nghĩa quan trọng đối với sự phát triển của ĐBSCL. Xác định và thực hiện các giải pháp giảm thiểu là điều khó khăn vì các giải pháp có tính thực tế và nằm trong khả năng chi trả rất hạn chế.

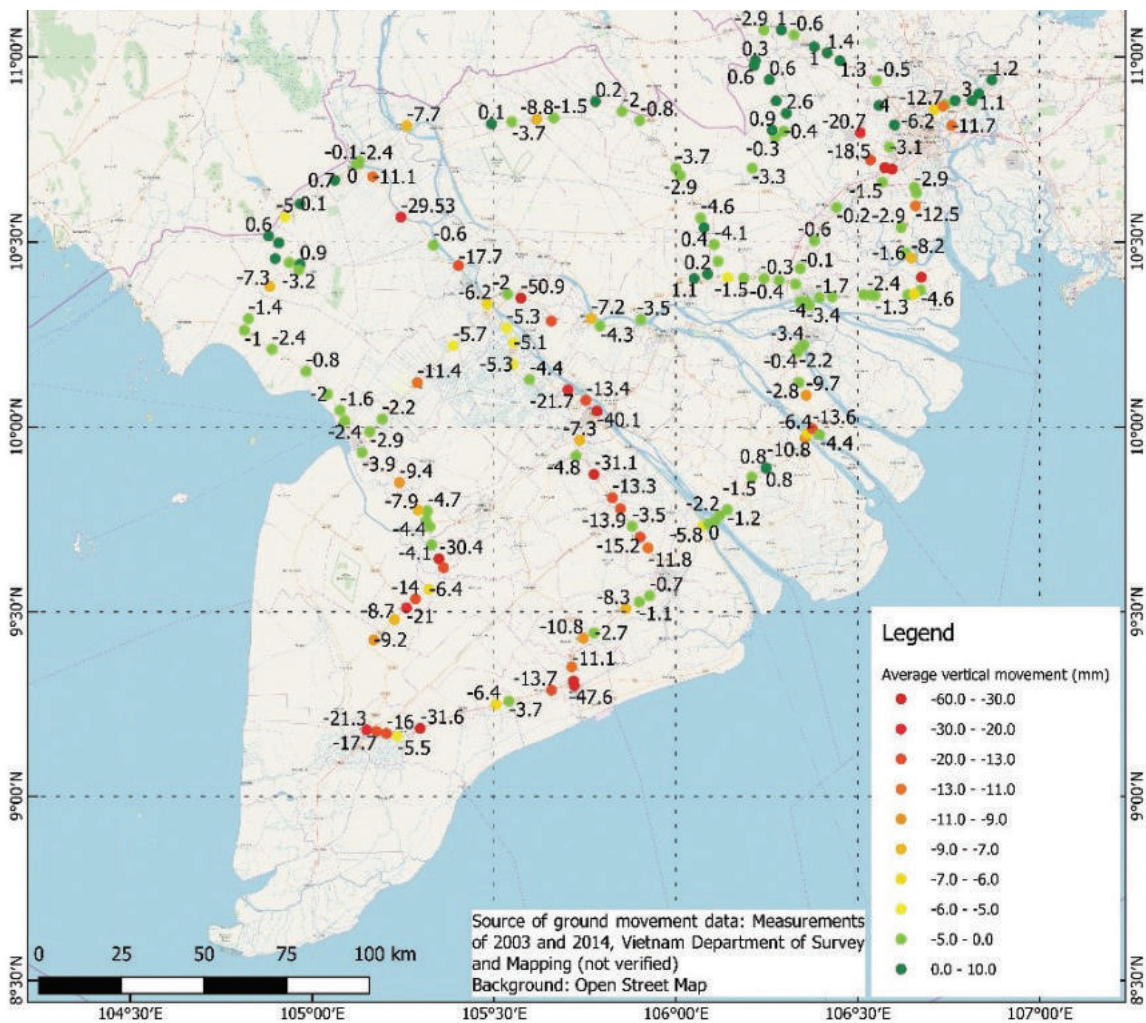
Nếu không thể chống lại sụt lún đất, chúng ta sẽ phải thích ứng và sống chung với hiện tượng này vì rời bỏ đồng bằng không phải là một phương án đối với hàng triệu người dân sinh sống ở nơi này. Tùy thuộc vào mức độ cấp bách mà sụt lún đất và nước biển dâng gây nên, sẽ cần có những giải pháp cho các tình huống khác nhau.

#### 4.1. Đo lường mức độ sụt lún

Sự dịch chuyển của mặt đất theo hướng lên trên hay xuống dưới xảy ra một cách tự nhiên ở mức dưới 1mm một năm ở những khu vực ổn định trên trái đất. Ở những khu vực ít ổn định hơn như ĐBSCL, những thay đổi này có thể ở mức nhiều mm đến 1cm một năm. Sự dịch chuyển này diễn ra rất chậm và quan sát hiện tượng này đòi hỏi sự kiên trì hoặc công nghệ tinh vi. Trên thực tế, không khó để nhận thấy các dấu hiệu sụt lún đất tại ĐBSCL bằng mắt thường. Nhiều cây cầu có nền móng sâu còn các con đường liền kề thì không có loại móng này. Vì vậy, đường thường bị lún nhanh hơn cầu và người điều khiển phương tiện cần đi chậm lại vì sự chênh lệch lớn về độ cao do sự sụt lún không đều này. Hiện tượng này khá rõ ràng nhưng đo lường sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng theo thời gian thực tế lại là một thách thức. Nguyên nhân chính là do thiếu điểm tham chiếu ổn định. Lý tưởng nhất là tìm được một điểm gần đó được biết là không có dịch chuyển đáng kể theo phương thẳng đứng. Khu vực lân cận sẽ được đo theo thời gian lấy điểm ổn định đó làm mốc và mức độ dịch chuyển của khu vực lân cận từ đó có thể dễ dàng xác định. Không may là những điểm ổn định như vậy lại rất hiếm ở ĐBSCL. Ở tỉnh Kiên Giang và An Giang có núi đá được coi là khá ổn định vì nền móng của chúng gắn chặt với các tầng đá sâu hơn của vỏ trái đất. Tuy nhiên, những núi này cách một số nơi của đồng bằng đến 150km. Trừ những núi này, đất ở các khu vực khác của ĐBSCL là sự kết hợp của bùn, cát, sét và các chất hữu cơ. Những vật liệu này có thể nén lại dưới tác động của áp lực hoặc khi nước bị khai thác và các chất hữu cơ bị phân hủy. Những quá trình này khiến cho bề mặt đất bị sụt lún và không có điểm đối chiếu ổn định làm mốc tại hầu hết mọi nơi của đồng bằng. Điều này có nghĩa là đo lường sụt lún đất là việc khó nhưng không phải là không thể làm được và theo quy luật thì số liệu ở những nơi xa điểm mốc sẽ có khả năng sai số nhiều hơn so với các điểm gần.

Hiện nay có nhiều công nghệ khác nhau có thể phát hiện sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng của đất nền ở mức độ nhỏ. Mỗi loại công nghệ đều có những điểm mạnh và điểm còn hạn chế. Cách tiếp cận tốt nhất là kết hợp các phương pháp này. Nếu kết quả của các phương pháp khác nhau cho thấy mức độ sụt lún giống nhau thì chúng ta có thể tự tin rằng số liệu này có thể tin cậy. Trên thực tế, các phương pháp khác nhau thường cho thấy kết quả có khác nhau đôi chút và các nhà khoa học thảo luận vì sao có sự không thống nhất đó và bàn cách nào thống nhất các giá trị phản ánh kịch bản gần nhất dựa trên bằng chứng có sẵn.

Có lẽ phương pháp lâu đời nhất được sử dụng để đo lường sự dịch chuyển của nền đất tại ĐBSCL là đo bằng máy kinh vĩ. Cục Đo đạc Bản đồ và Thông tin Địa lý thực hiện khảo sát này. Thông thường, các điểm này nằm trên đường và ở ĐBSCL, khoảng 150 – 250 điểm được đo vài năm một lần. Những số liệu này không được công bố. Những số liệu từ Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin Địa lý được GIZ sử dụng trong báo cáo này chưa được xác thực.



**Hình 2: Sự dịch chuyển trung bình theo phương thẳng đứng của đất nền tại ĐBSCL xác định bằng phương pháp đo độ cao (nguồn: Cục Đo đạc và Bản đồ, chưa kiểm chứng)**

Đo bằng máy kinh vĩ khá tốn thời gian và công sức, vì vậy chỉ được tiến hành đo vài năm một lần. Ngoài ra, số điểm đo và kết quả thu được cũng khá hạn chế, không bao trùm được các khu vực rộng lớn của ĐBSCL. Đối với các điểm ghi lại được cho thấy mức độ sụt lún vào khoảng từ một vài mm đến vài cm một năm.



**Hình 3: Đo chênh cao bằng máy kinh vĩ tại các tòa nhà tại ĐBSCL – GIZ phối hợp với Trường ĐH Utrecht và ĐH Cần Thơ (Ảnh: Kim de Wit)**

Một phương thức tiếp cận khác là khoan sâu vào lòng đất và đo sự biến dạng của đáy lỗ khoan so với bề mặt đất. Phương pháp này được thực hiện tại ba khu vực thuộc tỉnh Cà Mau do Viện Khoa học Địa chất Na Uy hỗ trợ với sự hợp tác với các cơ quan khác<sup>33</sup>. Các lỗ khoan ở độ sâu khoảng 100m<sup>34</sup>. Ở Cà Mau, tầng đá gốc cứng sâu hơn (~300 m<sup>35</sup>), vì vậy chỉ đo được độ nén tại các tầng trầm tích thứ ba phía trên mềm hơn. Mức độ sụt lún hàng năm tại 100m trầm tích phía trên ở mức 2-3cm/năm<sup>36</sup>.

Một số trường đại học cũng tiến hành đo sụt lún tầng nông với phương thức tiếp cận tương tự. Họ đóng cọc dài trong nền đất cho đến khi chạm tới các tầng cát nén khá chặt và cọc không dễ dàng đi qua. Sự thay đổi độ cao bề mặt tương đối so với cọc được xác định hai lần một năm.



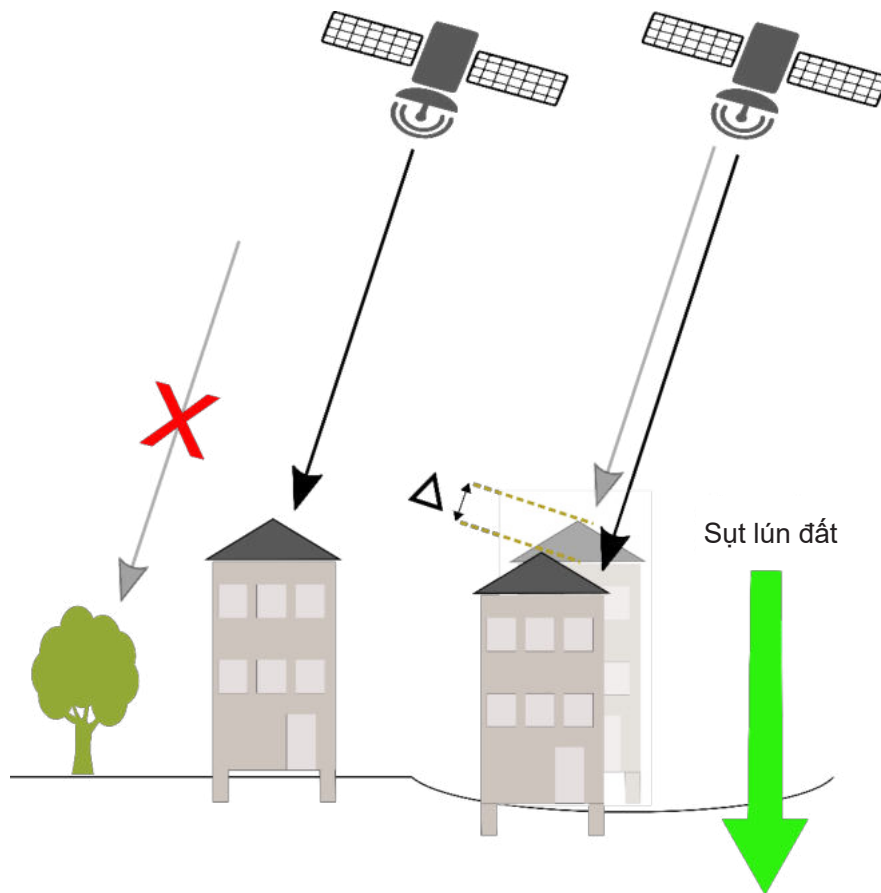
**Hình 4: Tiến sĩ Dương Văn Ni – Trường Đại học Cần Thơ giải thích về cách quan trắc sụt lún đất tầng nông.**

Thu thập số liệu bằng phương pháp này bắt đầu từ năm 2015 tại Cần Thơ sử dụng cọc dài 42m. Theo Tiến sĩ Dương Văn Ni, số liệu cần được ghi lại ít nhất trong 8 năm để có được kết quả chắc chắn. Với bốn năm vận hành đầu tiên chỉ có thể cho kết quả ban đầu. Trong khuôn viên trường Đại học Cần Thơ, sụt lún trung bình tầng nông đo được từ cọc dự tính ở mức 17mm/năm. Tại các tòa nhà của người dân sụt lún ở mức 27mm/năm (kết hợp số liệu từ InSAR do BGR/GIZ thực hiện, xem hình dưới đây). Con số này cho thấy sụt lún ở mức 1,7 cm/năm ở tầng nông và 1cm/năm tầng sâu.

Sự dịch chuyển nền đất theo phương thẳng đứng có thể được đo lường bằng Hệ thống Vệ tinh Định vị Toàn cầu (GNSS), tuy nhiên, mức độ chính xác của những công cụ này được tối ưu hóa đối với phát hiện vị trí theo chiều ngang, sự dịch chuyển theo chiều thẳng đứng không được phát hiện với mức độ chính xác cao<sup>37</sup>. Ở ĐBSCL chưa công bố cách đo này.

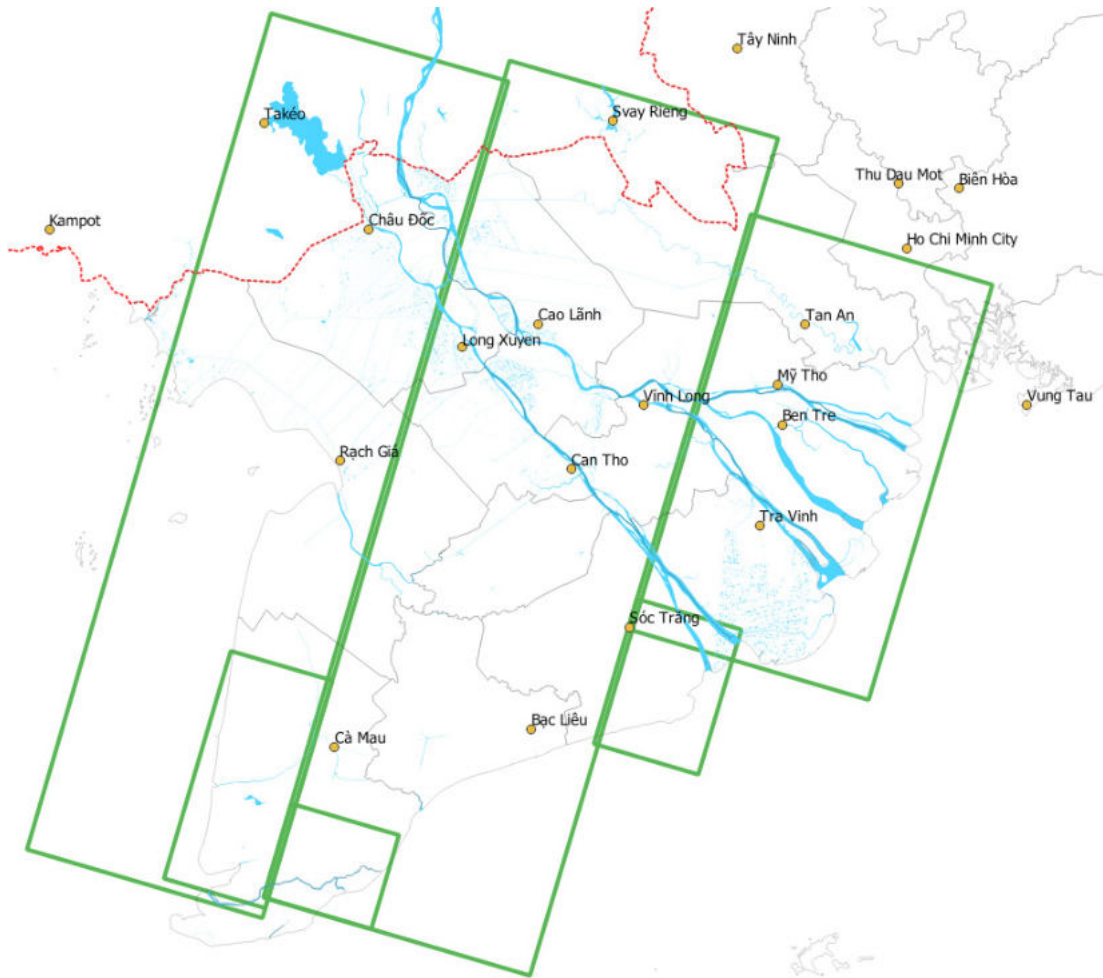
Sự dịch chuyển của đất nền theo phương thẳng đứng có thể được quan trắc từ không gian bằng những bộ cảm biến trên đầu vệ tinh. Các vệ tinh phát ra tia sáng radar và phát hiện sự phản xạ bằng cảm biến. Khi vệ tinh, trên quỹ đạo của mình, đi qua điểm đo ở một thời gian khác và lặp lại quá trình phát hiện, sự phản xạ sẽ hơi khác một chút nếu vật thể này di chuyển chút ít. Bộ cảm biến của vệ tinh rất nhạy và sẽ nhận thấy những sự khác biệt rất nhỏ này, từ ít hơn 1 mm trên mặt đất. So sánh độ cao trước và sau sau một thời gian nhất định sẽ giúp cho các nhà khoa học có thể tính toán tốc độ theo phương thẳng đứng trong thời gian 1 năm là thời gian thường được sử dụng. Phương pháp này gọi là ra đa khẩu độ tổng hợp giao thoa (InSAR). Vệ

ting radar khác nhau có độ phân giải khác nhau hoặc lượng số liệu có thể thu thập tại một điểm xác định khác nhau. Hầu hết các số liệu này bao trùm trong một khu vực có diện tích khoảng vài m<sup>2</sup>, với chiều dài cạnh vài m đến hàng chục m. Tuy nhiên, không phải điểm số liệu nào thu được từ vệ tinh cũng sử dụng được để phát hiện cao độ. Ví dụ cây cối không mang lại các số liệu về độ cao có ý nghĩa vì độ cao này không ngừng thay đổi. Những điểm thích hợp để phát hiện sự thay đổi cao độ được gọi là những vật tán xạ ổn định (PS). Đó chủ yếu là các tòa nhà, công trình hạ tầng như cầu hay cột điện cao thế.



**Hình 5: Nguyên lý của công nghệ InSAR theo giản đồ. Sự chênh lệch độ cao của công trình hạ tầng (như tòa nhà) làm thay đổi chùm tia radar trở về vệ tinh.**

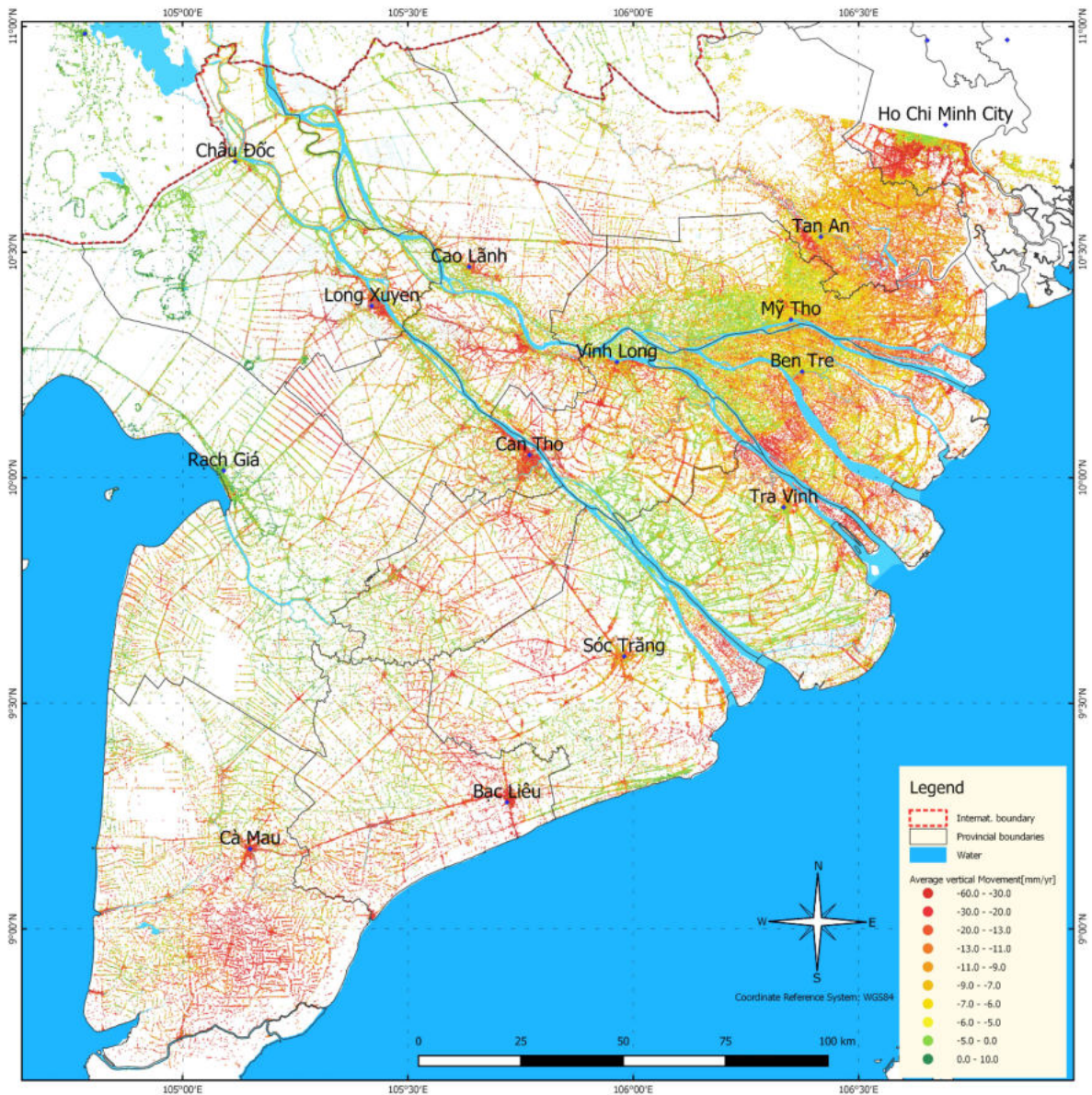
GIZ và Viện Khoa học Địa chất và Tài nguyên CHLB Đức (BGR) phối hợp với Cục Cứu trợ và Phòng chống Thiên tai Liên bang Đức (BKK) khởi xướng nghiên cứu theo phương pháp InSAR do Chương trình Quan sát Trái đất của Liên minh Châu Âu thực hiện vào đầu năm 2019<sup>38</sup>. Số liệu từ vệ tinh Sentinel 1 được sử dụng để dự tính sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng của các vật tán xạ ổn định. Khoảng 750.000 điểm thích hợp đã được xác định để dự tính sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng trong giai đoạn từ cuối năm 2014 đến đầu năm 2019. Số liệu vệ tinh bao trùm toàn bộ phần cực Nam của Việt Nam, trừ những khu vực rất nhỏ ở cuối cực nam và phía tây. Các điểm này cũng nằm ở hầu hết Đồng bằng Nam Bộ (ĐBSCL và khu vực TP. Hồ Chí Minh).



**Hình 6: Diện bao phủ của số liệu InSAR**

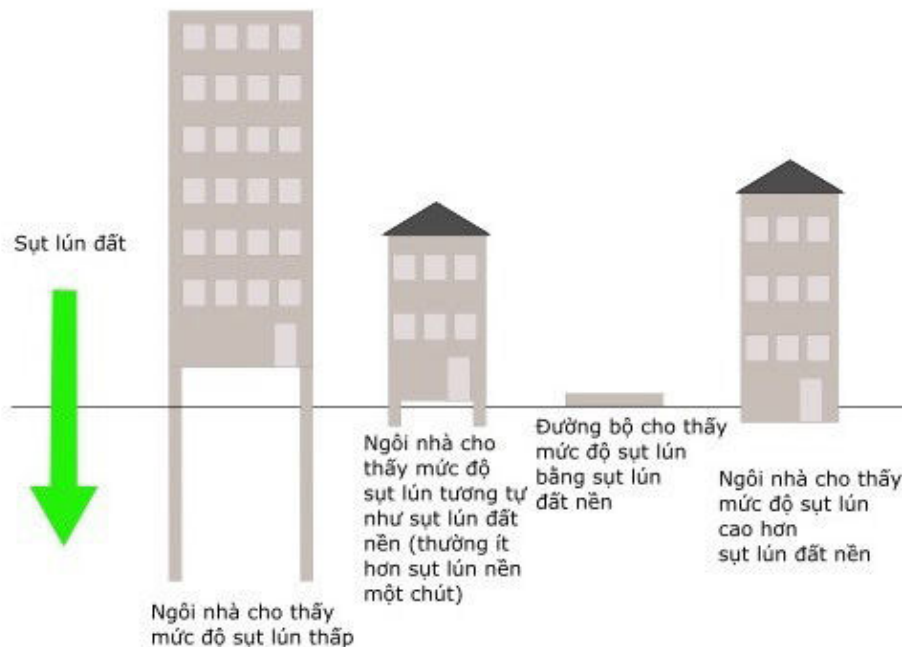
Số liệu được xử lý từng đợt như theo các hình chữ nhật màu xanh. Đường thủy, địa giới hành chính giữa các tỉnh và quốc tế có tính chất định hướng địa lý. Mức độ dịch chuyển trung bình trong hơn 4 năm đã được tính toán.





Hình 7: Các điểm số liệu InSAR tại ĐBSCL

Bản đồ kết quả có các vật tán xạ ổn định cho thấy nhiều hình thái khác nhau. Có nhiều điểm ở các khu vực dân cư đông đúc vì các điểm tán xạ cố định phụ thuộc vào các tòa nhà hoặc các công trình, kết cấu cố định. Ở khu vực canh tác nông nghiệp hay rừng, có rất ít tòa nhà nên số điểm tán xạ cố định cũng ít. Các vật tán xạ ổn định có thể lún nhanh hơn, chậm hơn hoặc bằng với tốc độ lún của bề mặt. Vì vậy, sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng quan trắc được không hẳn phản ánh đúng sự dịch chuyển của bề mặt đất.

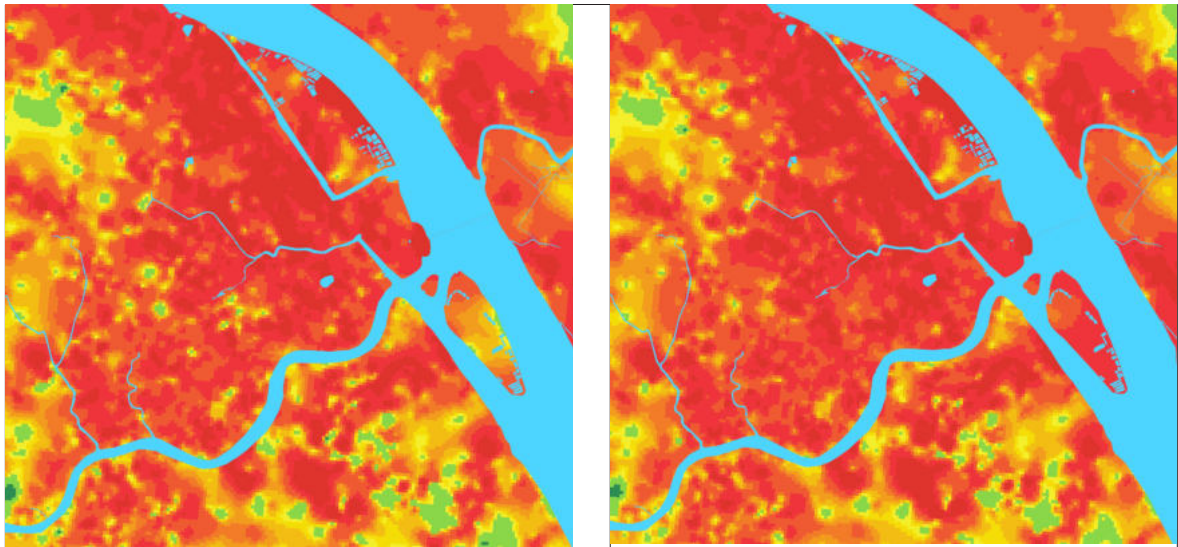


**Hình 8: Các tòa nhà và công trình hạ tầng có tính chất sụt lún đất khác nhau tùy thuộc vào quy mô và chiều sâu móng**

Từ kinh nghiệm nghiên cứu của GIZ, hầu hết các tòa nhà thuộc về nhóm nhà ở đều cho thấy mức độ sụt lún tương tự như mức sụt lún đất nền. Các tòa nhà lớn thường dịch chuyển rất ít theo phương thẳng đứng, có thể là do có móng sâu trong khi nhà của người dân thường có móng nông. Những con đường cũng không có móng sâu nên mức độ sụt lún cũng ở mức tương đương với đất nền xung quanh. Có rất ít tòa nhà sụt lún nhanh hơn bề mặt xung quanh. Có thể là các tòa nhà nặng hơn thì thường có móng sâu tương ứng nên mức độ sụt lún được giảm thiểu. Hiểu biết về mức độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng của tòa nhà so với mức độ dịch chuyển của đất nền là yếu tố quan trọng để hiểu về sụt lún đất. Điều đó có nghĩa là mô tả sụt lún đất theo góc độ không gian nên bỏ qua các điểm InSAR thuộc về các kết cấu, công trình có mức sụt lún khác quá xa so với sụt lún đất nền. Thông thường những kết cấu này là các cây cầu, cột điện cao thế và tòa nhà lớn. Những công trình này, mỗi khi có thể, được xác định bằng các ảnh có độ phân giải cao (Google Earth, Bing) và các vật tán xạ ổn định trên hoặc gần các công trình này được loại bỏ và không sử dụng để tính toán mức độ sụt lún đất tại các khu vực này. Giá trị bình quân dịch chuyển theo phương thẳng đứng của tất cả các vật tán xạ ổn định trước khi được lọc ra là  $-11.29$  mm/năm và sau khi lọc thì giảm xuống một chút còn  $-11.41$  mm/năm. Số các vật tán xạ ổn định giảm từ 752.406 xuống còn 623.416. Dựa vào diện tích khu vực (sau khi thực hiện phép nội suy), mức độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng trung bình là  $10,33$  mm/năm trước khi lọc và  $10,43$  mm/năm sau khi lọc các điểm tán xạ ổn định.

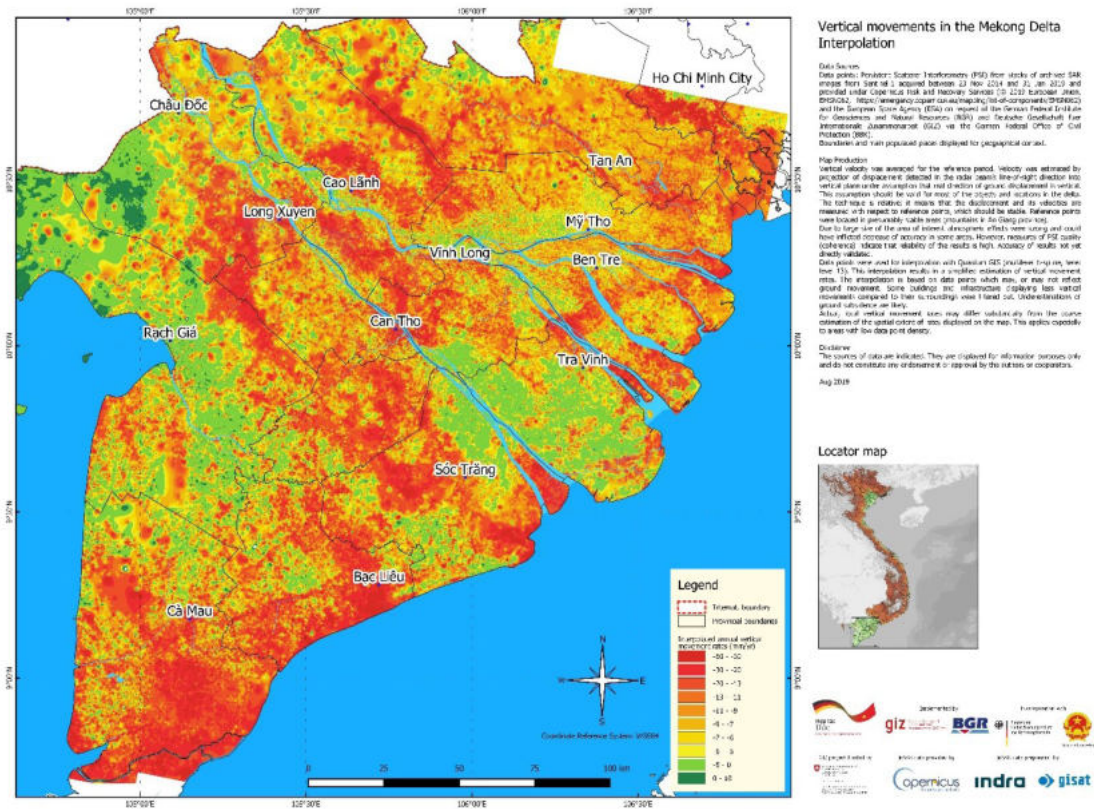
Số liệu thu được được cung cấp dưới dạng các điểm, song vì lý do thực tiễn, chúng ta cũng muốn biết mức độ sụt lún đất giữa các điểm. Chuyển đổi từ các điểm riêng lẻ thành cho một khu vực là một thách thức vì có thể có sai số lớn, đặc biệt là khi khoảng cách giữa các điểm quan trắc thực tế xa nhau (mật độ các điểm đo thấp), hoặc khi giá trị các điểm có sự khác biệt lớn, hay không đồng đều (tính hỗn tạp cao). Phép nội suy thường giả định rằng khu vực giữa các điểm là sự kết nối liền giữa các điểm và kết quả của một phép nội suy trong một khu vực đồng nhất. Phép nội suy có thể được thực hiện theo các cách khác nhau và mức độ đồng nhất khác

nhau. Đối với những đánh giá về sụt lún đất tại địa phương, mức độ làm bằng được áp dụng ở những nơi có mức sụt lún thấp, trong khi mức làm bằng cao hơn cho thấy rõ hơn hình thái sụt lún tại ĐBSCL.



**Hình 9: Sụt lún đất tại Cần Thơ theo phép nội suy [mm/năm]. Trái: dựa trên số liệu thô; Phải: dựa trên số liệu được lọc.**

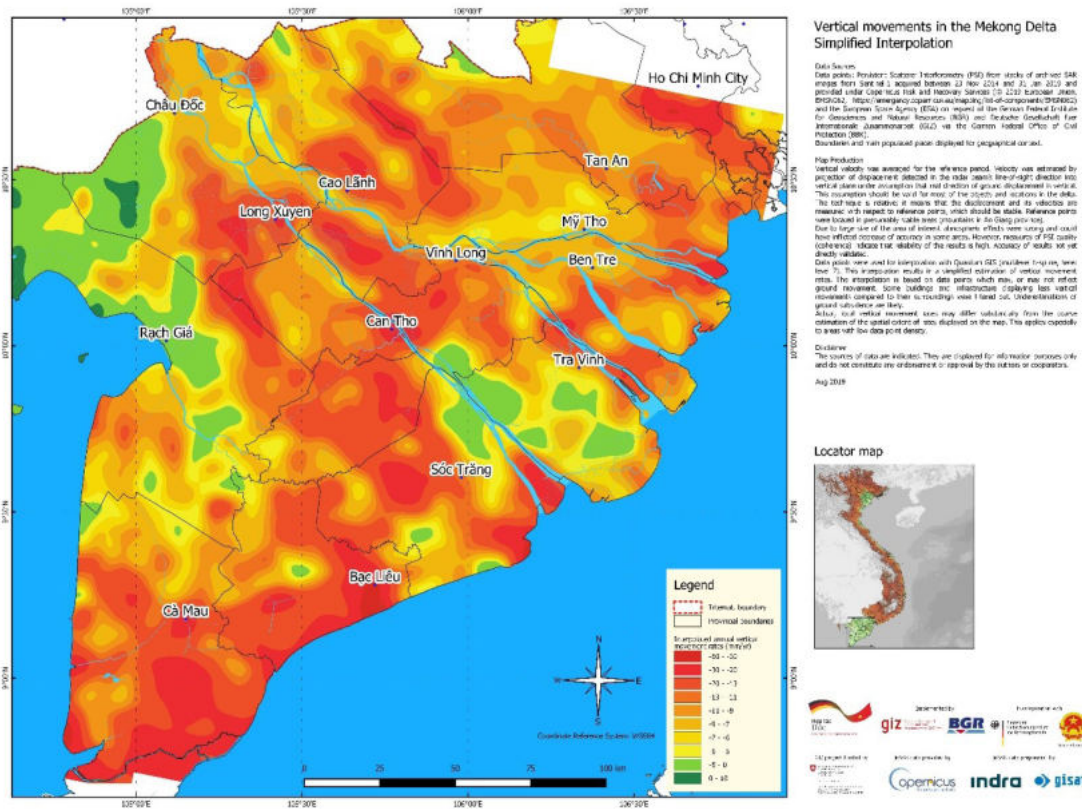
Một số điểm dịch chuyển chậm đã được loại bỏ và do đó mức độ sụt lún đất tăng lên tại những khu vực này.



**Hình 10: Sụt lún đất khi cao độ được làm bằng ở mức thấp cho thấy chi tiết dịch chuyển của đất nền theo phương thẳng đứng**

Rõ ràng là dự tính sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng của đất nền phân bố không đồng đều, mà có sự khác biệt lớn theo vùng song cũng có nhiều nơi dù diện tích trải dài nhưng mức độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng lại ở mức tương tự nhau. Nhiều đô thị cho thấy mức độ sụt lún cao trong khi khu vực nông thôn sụt lún ở mức độ thấp hơn. Mặc dù vậy, cũng có những trường hợp ngoại lệ, một số đô thị sụt lún ở mức khá thấp còn một số khu vực khác ở nông thôn lại sụt lún tương đối nhanh.

Sự khác biệt quan trọng được về mức độ sụt lún theo khu vực phản ánh một hiện thực là có thể do sai số của phương pháp InSAR – một phương pháp có thể tạo nên tiếng ồn. “Tiếng ồn” là hiệu ứng của các giá trị được phân bố một cách ngẫu nhiên, có thể cao quá hoặc thấp quá, vì vậy tạo nên những sai số trong đo lường, không phản ánh hiện thực. Nội dung này nên được đề cập trong các nghiên cứu về sau. Nếu tiếng ồn kỹ thuật (sai số trong đo lường) là nguyên nhân chính tạo nên sự khác biệt lớn về mức độ sụt lún đất, thì việc đồng nhất, hiệu chỉnh kết quả có thể cho thấy hình thái sụt lún đất rõ ràng hơn. Ngược lại, nếu sự khác biệt lớn này thực sự phản ánh hiện thực, có nghĩa là sự khác biệt về sụt lún đất theo khu vực là có thật, việc hiệu chỉnh và đồng nhất kết quả sẽ dẫn đến việc mất nhiều thông tin và cho thấy ấn tượng sai về sự đồng nhất. Bản đồ dưới đây cho thấy kết quả tính toán khái quát sự dịch chuyển của nền đất theo phương thẳng đứng.

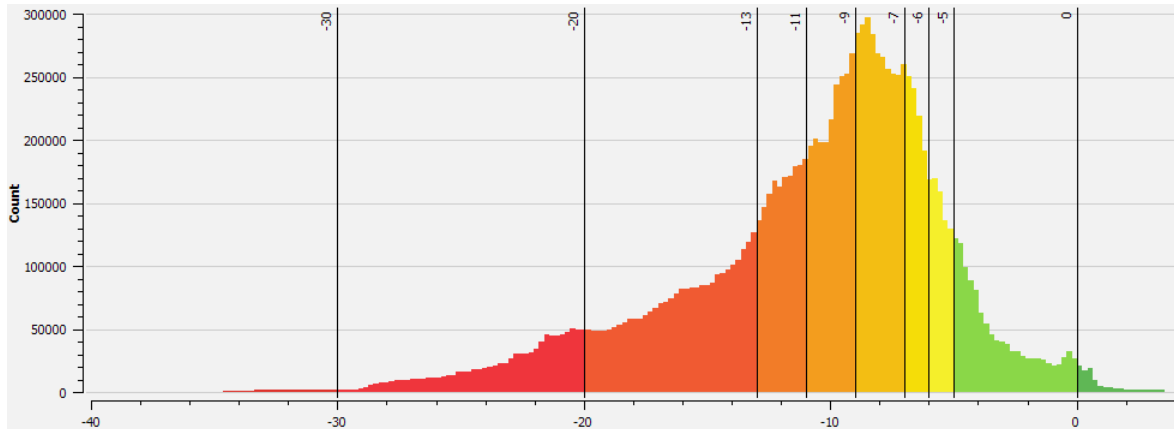


**Hình 11: Sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng tại ĐBSCL sử dụng phép nội suy đơn giản**

Sụt lún đất cho thấy có sự đồng nhất cao. Ở phía tây bắc của bản đồ, một số điểm được nhìn thấy có rất ít sự dịch chuyển. Những khu vực này hầu hết là núi đá, được coi là có dự dịch chuyển theo phương thẳng đứng ổn định hơn các khu vực phù sa khác của ĐBSCL.

Mức độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng được nội suy để đánh giá kết quả của các giá trị

và được thể hiện trong bản đồ dưới đây. Sự phân bố của các giá trị được tính toán thông qua hiển thị các giá trị tốc độ sụt lún hàng năm. Điều này có nghĩa mật độ cao của các vật tán xạ ổn định ở đô thị và mật độ thấp ở nông thôn không được phản ánh. Sự phân bố chỉ dựa vào các giá trị về tốc độ của toàn bộ khu vực nghiên cứu. Các vật tán xạ ổn định tương đồng với các kết cấu cho thấy mức độ sụt lún thấp hơn nhiều so với khu vực xung quanh không được đưa vào tính toán.



**Hình 12: Trục X: Sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng hàng năm [mm/năm]; trục Y: số điểm với giá trị tương ứng. Ý nghĩa màu sắc thể hiện giống như trong các bản đồ ở trên. Mức độ trung bình là 10.43 mm/năm.**

Rất ít điểm cho thấy giá trị dương (dịch chuyển lên), phần lớn các điểm (2/3 số điểm) rơi vào giá trị từ -17 đến -3mm/năm. Số liệu thu thập được có độ phân giải cao về mặt không gian và thời gian. Điều này cho phép hiển thị những khác biệt về sụt lún đất tại các khu vực khác nhau theo xu hướng chuỗi thời gian khác nhau.

## Độ phân giải cao về không gian

Số liệu mới do BGR và GIZ cung cấp có độ phân giải về không gian cao hơn rất nhiều so với các số liệu đã có trước đây.

Mức độ chính xác theo chiều dọc của các vật tán xạ ổn định có thể được đánh giá bằng cách so sánh vị trí các điểm này với các cột điện ở khu vực nông nghiệp mà không có kết cấu, công trình nào khác bên cạnh. Cơ hội nhầm lẫn điểm gốc của vật tán xạ ổn định với một nguồn khác là rất thấp. Ví dụ, ở khu vực đô thị, điều này rất khó vì nhiều vật tán xạ ổn định ở rất gần nhau và các tòa nhà khác cũng có thể phản xạ chùm tia radar.

Sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải cao (Google Earth, ESRI, Bing) để tham chiếu có vẻ là một cách thức đơn giản và thực tế để hiển thị sự thay đổi theo chiều ngang và những biến đổi của các vật tán xạ ổn định. Các hình ảnh hiện có được so sánh. Tâm móng của các cột điện trong các ảnh khác nhau từ các nhà cung cấp khác nhau hầu như chỉ cách nhau vài mét.

Tại ĐBSCL có xuất hiện những thay đổi theo chiều ngang. Cụ thể, tất cả các cột điện ở đây đều có các vật tán xạ ổn định kèm theo cùng phương và khoảng cách chỉ có sự khác biệt rất nhỏ.



**Hình13: Các cột điện được đánh dấu bằng dấu chữ thập màu hồng và các vật tán xạ ổn định (các hình tròn có màu sắc tùy theo tốc độ sụt lún) hiển thị trên nền ảnh của Google Earth**

Cột điện hiển thị là khoảng trắng theo hướng tây nam còn bóng của cột điện màu tối theo hướng tây bắc. Tâm móng của cột điện là 11m từ vật tán xạ ổn định đối với cột điện trong một khu vực được phóng to.



**Hình 14: Tâm móng của các cột điện được đánh dấu chữ thập, các vật tán xạ ổn định là các chấm có màu, khoảng cách từ 40 đến 50m**

Tóm lại, vị trí theo chiều ngang của một điểm số liệu là chính xác trong dải từ vài m tại một số nơi đến vài chục m tại các nơi khác. Ở nhiều nơi, các vật tán xạ ổn định dịch chuyển sang hướng đông, đông nam và nam. Trong một khu vực, hướng thay đổi và khoảng cách thay đổi là tương đối giống nhau. Tuy nhiên, vì hướng thay đổi và khoảng cách thay đổi là khác nhau ở những khu vực khác nhau, việc hiệu chỉnh không dễ dàng và có thể được thực hiện ở các khu vực nhỏ hơn mà không phải cho cả vùng ĐBSCL.

Mặc dù có những sai số như trên, các vật tán xạ ổn định đối với từng vật phản xạ trong thảm thực vật hay các khu vực nông nghiệp cũng như các tòa nhà lớn ở những khu vực có mật độ xây dựng cao là có thể. Các công trình nhỏ hơn có thể có vật tán xạ ổn định song quy số liệu đối với từng công trình cụ thể là điều khó khăn nếu có nhiều công trình nằm gần nhau.



Hình 15: Tốc độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng trung bình (mm/năm),  
hiển thị trên nền hình ảnh của Google Earth

Tòa nhà ở giữa cho thấy mức độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng rất thấp trong khi các đường phố xung quanh và khu vực đỗ xe sụt lún ở mức vài cm/năm. Tòa nhà này là phòng họp lớn tại thành phố Cà Mau.



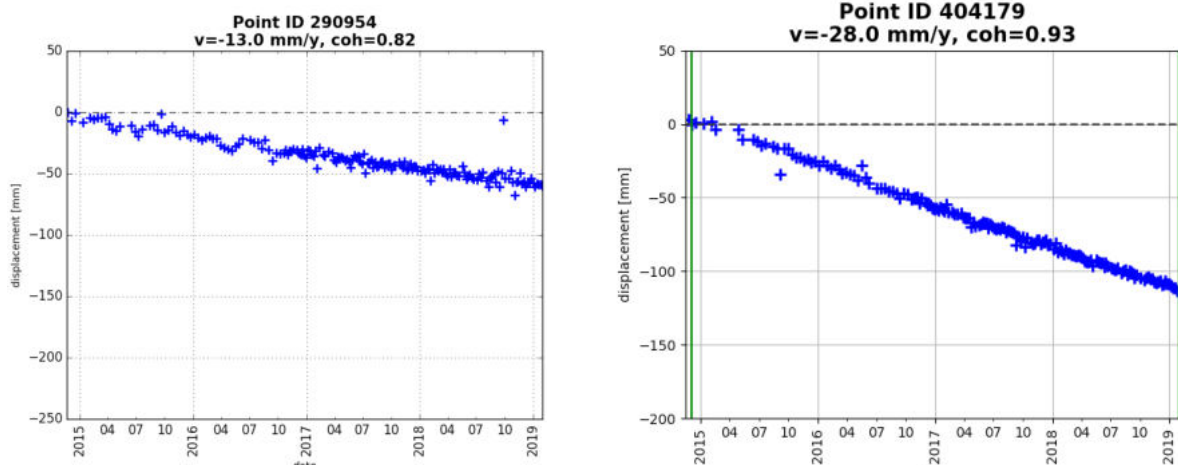


**Hình 16: Tốc độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng trung bình (mm/năm),  
hiển thị trên nền hình ảnh của Google Earth**

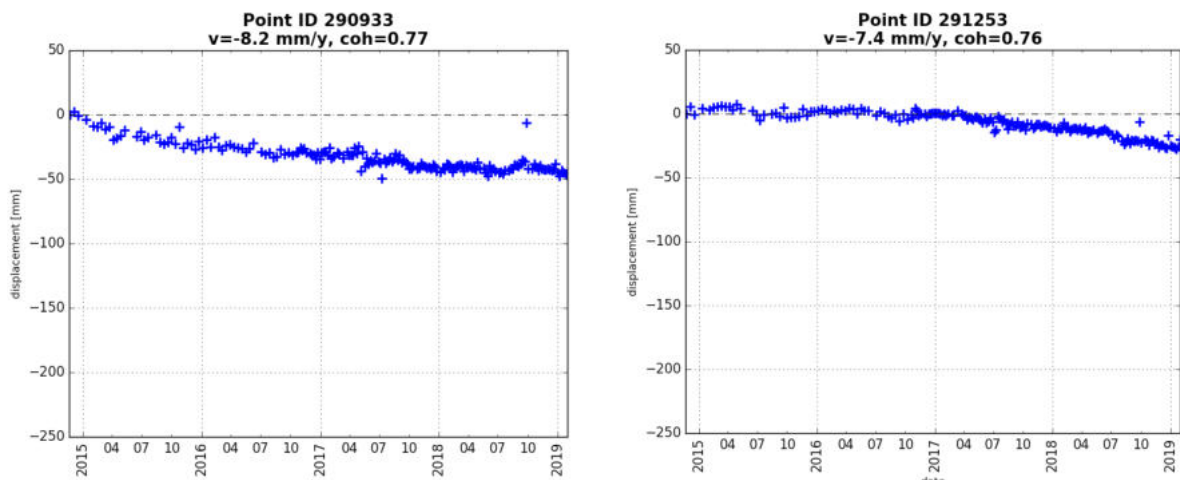
Tòa nhà lớn ở giữa là một siêu thị ở Long Xuyên. Tòa nhà này không dịch chuyển nhiều trong khi các tòa nhà nhỏ hơn ở khu vực lân cận lại sụt lún ở mức tính theo cm.

#### Độ phân giải cao về thời gian

Những số liệu trước đây về sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng tại ĐBSCL được thu thập vài năm một lần, đủ để dự tính mức dịch chuyển trung bình hàng năm, song lại khó để thấy rõ cường độ dịch chuyển của đất như tăng dần hay giảm dần. Số liệu InSAR mới có chuỗi thời gian 180 điểm/chuỗi. Điều này có nghĩa là cứ khoảng 8 ngày thì một giá trị được thu thập. Những giá trị này được thể hiện trong sơ đồ. Chuỗi thời gian được tạo nên bằng cách lập trình giá trị đầu tiên ở mức "0". Số liệu tiếp theo được hiển thị theo sự chênh lệch với điểm đầu tiên. Ngoài mức độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng hàng năm, một giá trị định lượng sự gắn kết giữa các chuỗi được đưa ra. Sự gắn kết bằng 1 có nghĩa là tất cả các số liệu đều nằm chính xác trên một đường thẳng trong khi các giá trị thấp hơn cho thấy mức độ chênh lệch của giá trị so với đường đã tính toán. Nhiều điểm cho thấy xu hướng âm liên tục với sự đồng nhất cao.



Hình 17: Có rất ít điểm tách khỏi đường biểu diễn xu hướng. Một số điểm cho thấy có sự tăng thêm trong khi một số điểm khác cho thấy có sự giảm xuống về tốc độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng.



Hình 18: Bên trái: Sụt lún giảm dần; Bên phải: sụt lún tăng dần

Một nguyên tắc phổ biến là thường dự báo về xu hướng trong tương lai sẽ dựa vào số liệu lịch sử trong khung thời gian của số liệu đó. Có nghĩa là, với số liệu có được trong 4 năm qua, ta có thể dự báo cho 4 năm tiếp theo với con số dự báo tương đối tin cậy; nếu vượt ra ngoài giai đoạn này, thì sai số có thể lớn hơn.

## 4.2. Tìm hiểu nguyên nhân gây sụt lún đất

Mức độ sụt lún đất có sự khác nhau lớn ở ĐBSCL, một số nơi sụt lún nhiều, một số nơi khác ở mức độ trung bình. Ở cấp địa phương, các tòa nhà ở cùng một khu vực cũng bị sụt lún ở mức độ khác nhau. Nguyên nhân nào có thể giải thích cho sự không thống nhất này? Những quá trình nào diễn ra dưới lòng đất có thể gây nên hiện tượng này? Vì sao lại có sự khác biệt lớn như vậy.

Sụt lún đất xảy ra ở nhiều nơi trên thế giới và đến nay đã có một số nghiên cứu về nguyên nhân

gây sụt lún trong những bối cảnh tương tự như ĐBSCL. Một số nhà nghiên cứu cũng đã nghiên cứu về vấn đề sụt lún tại ĐBSCL<sup>41</sup>. Họ xác định các yếu tố tự nhiên và nhân tạo gây nên hiện tượng sụt lún đất quan sát được.



**Hình 19: Mô phỏng đơn giản về quy trình gây nên sụt lún đất tại ĐBSCL**

Nén trầm tích và phù sa mới trong mùa lũ là một quy trình tự nhiên chủ yếu được bù đắp hàng năm thông qua bổ sung trầm tích mới. Mặc dù đất liên tục được nén song cũng không tạo nên những thay đổi lớn về độ cao bề mặt. Quy trình này không áp dụng ở những nơi được chuyển đổi thành khu dân cư. Những con đường lát mặt không thể cao hơn nhờ bùn và cát lắng lại trên bề mặt của mình. Ngập lụt đồng ruộng đã giảm nhiều vì các con đê được xây dựng nhằm giúp cho việc canh tác ba vụ một năm. Nén bề mặt tiếp tục diễn ra ở đô thị và nông thôn mà không được bù đắp từ trầm tích mới.

Ngoài việc giảm đáng kể phù sa ở các tòa nhà do con người xây dựng, công trình hạ tầng còn tăng tải trọng cho nền đất. Mặc dù chưa định lượng được một cách chính xác nhưng rõ ràng điều này tăng thêm mức độ nén và tăng mức độ sụt lún đất.

ĐBSCL là khu vực có nguồn nước mặt dồi dào nhưng nguồn nước này thường bị ô nhiễm và nếu ở gần biển thì bị xâm nhập mặn. Vì vậy, khoan giếng và bơm nước ngầm là một phương án thay thế để cấp nước cho các hộ gia đình, phục vụ các hoạt động kinh doanh và nông nghiệp.



**Hình 20: Bơm nước để phục vụ nuôi tôm tại Bạc Liêu (Ảnh: Sophie Krüger)**

Không may là có rất ít số liệu tin cậy về khối lượng, địa điểm và nguồn khai thác nước ngầm tại ĐBSCL, điều này khiến cho việc tìm ra mối liên hệ với mức độ sụt lún đất quan trắc được tương đối khó khăn. Số liệu từ mạng lưới quan trắc nước ngầm quốc gia cho thấy sự sụt giảm liên tục về mực nước ngầm đối với nhiều tầng chứa nước và nhiều khu vực khác nhau. Nước ngầm là một chỉ số về các hoạt động bơm khai thác khối lượng lớn vượt khỏi mức độ bổ cập tự nhiên. Số liệu này được sử dụng để lập mô hình tác động của việc bơm nước ngầm đối với sụt lún<sup>42</sup>. Tuy nhiên, mật độ mạng quan trắc còn khá thấp và còn khoảng trống lớn giữa từng điểm quan trắc riêng lẻ. Ngoài ra, ĐBSCL có đặc điểm là trầm tích có mức độ phức tạp cao, bao gồm 7 tầng chứa nước, mỗi tầng đều có hình thái khai thác khác nhau và chia tách từng phần bởi các tầng không thấm nước với những đặc tính chưa biết rõ. Vì vậy, tất cả các mô hình và nghiên cứu trước đây về tác động của việc khai thác nước ngầm đối với sụt lún đất tại ĐBSCL luôn phải dựa vào mức độ giả định có thể phản ánh hoặc không phản ánh đúng hiện thực.

Số liệu InSAR mới có độ phân giải cao về không gian và thời gian và dự kiến sẽ góp phần tăng cường sự hiểu biết về việc vì sao mô hình và số liệu thực tế có vẻ như có sự khác nhau. BGR và các đối tác Việt nam sẽ thực hiện các nghiên cứu chi tiết về khai thác nước ngầm và cường độ tác động đối với các khu vực cho thấy mức độ sụt lún cao theo số liệu InSAR. Khi các điểm khai thác và số lượng được xác định, sẽ có thể đánh giá từng khu vực về các giá trị của vật tán xạ ổn định và các thông số về nước ngầm.

Một cách khác sử dụng số liệu mới để tìm hiểu nguyên nhân sụt lún đất là xác định mức độ sụt lún của các tòa nhà và công trình hạ tầng. Nếu xác định được vị trí nén theo phương thẳng đứng thì các nguyên nhân tiềm tàng có thể hạn chế ở những quy trình đã biết, xảy ra ở độ sâu tương ứng.

Số liệu đối với hầu hết các công trình lớn (tòa nhà, cầu, cột điện) cho thấy một xu hướng gây ngạc nhiên. Trong khi nhiều người cho rằng trọng lượng của một vật nặng ép mạnh lên mặt đất nên sẽ khiến nền đất nơi này sụt lún nhanh hơn so với những nơi có công trình nhẹ hơn và nhỏ hơn. Nhưng thực tế lại ngược lại. Các công trình cao và lớn sụt lún chậm hơn so với công trình quy mô nhỏ hơn. Dù chưa được kiểm chứng nhưng có nhiều dấu hiệu cho thấy độ sâu

của móng là yếu tố cơ bản quyết định mức độ sụt lún đất. Móng càng sâu thì có vẻ như sụt lún càng chậm, trong khi đó, móng nông sẽ khiến sụt lún diễn ra nhanh hơn.



**Hình 21: Trái: móng cọc của một tòa nhà ở Cần Thơ – chiều sâu khoảng 1m;  
Phải: tường không có móng**

Các tòa nhà cao tầng và các tòa nhà lớn thường có chiều sâu móng hơn 40m. Cầu lớn bắc qua sông Mekong có móng sâu hơn 100m.

### 4.3. Tìm hiểu về tác động của tình trạng sụt lún đất

Tình trạng sụt lún đất gây ra một số tác động lên khu vực đồng bằng. Trước hết, khu vực ĐBSCL đang sụt lún với tốc độ trung bình khoảng 1,0cm mỗi năm<sup>43</sup>, đưa nó đến gần với mực nước biển hơn trong khi mực nước biển đang tăng 4mm mỗi năm ở khu vực phía Nam Việt Nam<sup>44</sup>. Nhiều nhà khoa học tin rằng tốc độ nước biển dâng sẽ tăng trong những thập kỷ tới<sup>45</sup>. Cả hai xu hướng đều dẫn tới mực nước biển tăng ở mức tương đối. Tốc độ sụt lún trung bình của toàn bộ khu vực đồng bằng gồm tốc độ sụt lún của khu vực nông nghiệp và khu vực đô thị (và các khu vực khác); và tốc độ sụt lún của các khu vực với mục đích sử dụng đất khác nhau thì cũng khác nhau khá nhiều. Nhiều khu vực đô thị sụt lún khoảng 3-5cm mỗi năm làm cho cao độ mặt đường tiến dần tới mực nước biển nhanh hơn so với (ví dụ) các khu vực trồng lúa.

#### 4.3.1 Dự báo DEM

Mô hình số độ cao (DEM) biểu thị cao độ mặt đất, thông thường là tính theo mét so với mực nước biển. Mô hình này khác so với Mô hình số bề mặt (DSM) trong đó bao gồm các vật thể trên mặt đất ví dụ như các tòa nhà. Trong thực tế, việc biết được cao độ mặt đất sẽ thế nào trong tương lai là quan trọng. Điều này đặc biệt đúng đối với các khu vực có cao độ gần bằng mực nước biển.

Cuối cùng thì biển dâng lên và đất lún xuống sẽ gặp nhau và tạo ra hiện tượng ngập úng. Tuy nhiên, trước khi xảy ra điều này thì nhiều tác động của hai sự phát triển này có thể xảy ra ví dụ như: gia tăng tình trạng xói mòn bờ biển và sông, ngập lụt và xâm nhập mặn. Tình trạng này sẽ tăng thêm tại nhiều khu vực tại đồng bằng sông Cửu Long trong những thập niên tới. Mặc dù vẫn còn có chút ít cơ hội để giảm thiểu tình trạng sụt lún đất bằng cách giảm hay dừng việc khai thác nước ngầm, bối cảnh tồi tệ nhất là nền đất tiếp tục sụt lún với tốc độ như chúng ta thấy hiện nay. Hầu hết các chuỗi thời gian của các điểm từ nhiên cứu SAR cho thấy xu hướng giảm tuyến tính. Không có dấu hiệu cho thấy tốc độ sụt lún giảm đi trong khoảng thời gian 4 năm thu

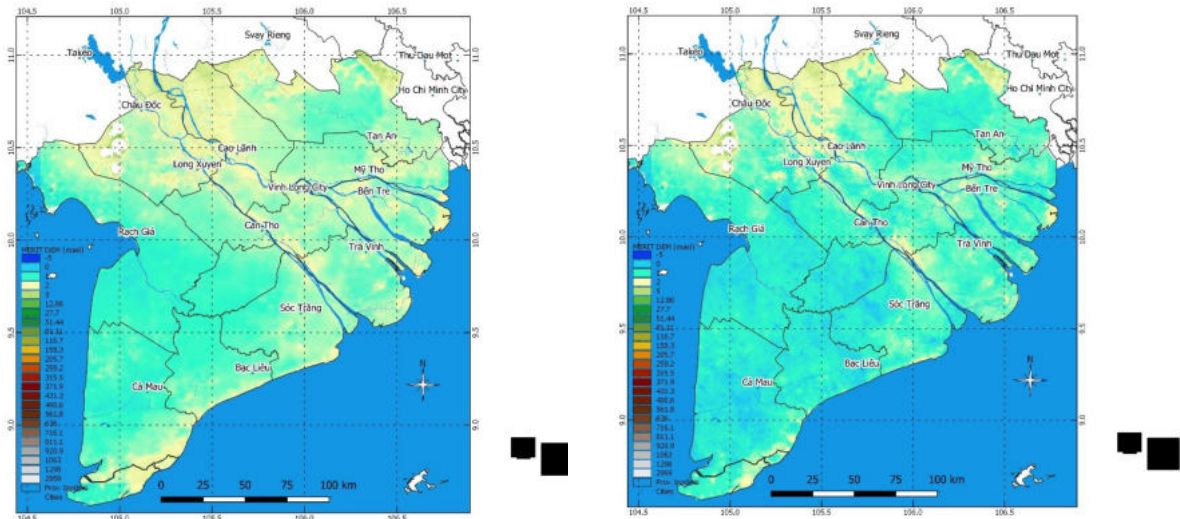
thập số liệu. Khoảng thời gian này quá ngắn để dự đoán các chuyển động thẳng đứng trong các thập kỷ tiếp theo một cách chính xác, tuy nhiên, do thiếu các dữ liệu khác có độ phân giải không gian tương tự nên dữ liệu InSAR được GIZ sử dụng để dự báo DTM trong các thập kỷ tới. Hiện nay, tình trạng sụt lún đất có vẻ không giảm đi nhưng vì giới hạn vật lý của hiện tượng nên tốc độ sụt lún đang chậm lại. Để thuận lợi, GIZ giả định tốc độ sụt lún giảm đi 1% mỗi năm. Tuy nhiên, rất khó để đánh giá liệu giả định này có thực tế hay không.

Để dự báo cao độ mặt đất trong tương lai thì cần phải hiểu rõ về cao độ mặt đất hiện nay. GIZ sử dụng chín DEM khác nhau cho toàn bộ khu vực ĐBSCL. Chúng có độ phân giải khác nhau và nhiều trong số chúng có các đặc tính không chấp nhận được. Mô hình dựa trên bản đồ địa hình của Chính phủ Việt Nam được sử dụng để tiếp tục xử lý ở cấp khu vực. Đó là một DTM với kích thước pixel là 500m. Kích thước này là chấp nhận được đối với các bản đồ tổng quan và cho các dự báo. Chúng ta cần sử dụng các DTM chi tiết hơn để dự báo sự thay đổi của cao độ mặt đất tại các thành phố.

Có vẻ như DTM sử dụng hệ cao độ cao hơn hệ cao độ được Chính phủ Việt Nam sử dụng (mặc dù nó có nguồn gốc từ các bản đồ địa chính của Chính phủ Việt Nam). Với hệ cao độ này thì nhiều giá trị cao độ của DTM thấp hơn so với giá trị điểm trắc địa của Chính phủ được GIZ sử dụng.

Hiện nay, thật không dễ để tìm được tài liệu tham khảo độ cao đáng tin cậy cho ĐBSCL. Các điểm tham chiếu trắc địa hay điểm kiểm soát tọa độ lại phụ thuộc vào mức độ sụt lún không cụ thể và mực nước biển dâng lên, tham chiếu truyền thống “có nghĩa là mực nước biển” cũng trở thành một giá trị biến động. Chính phủ đã quyết định chuyển từ cách tiếp cận này sang sử dụng một quasi-geoid dựa trên hệ quy chiếu WGS84 ellipsoid. Tuy nhiên, như vậy là chưa đủ. Một khi điều này được thực hiện, ta sẽ có một giá trị độ cao bằng 0, không phụ thuộc vào mực nước biển và đột sụt lún của mặt đất.

So sánh giữa DTM 2014 với DEM 2050 tính toán cho thấy khu vực phía Tây Nam của sông Hậu sẽ tiến tới “0” hay “mực nước biển” nhanh hơn so với khu vực phía Đông Bắc của đồng bằng. Khi tính đến các hệ số đã nêu ở trên, thật khó để dự đoán độ cao DEM trong mối liên hệ với mực nước biển trên quy mô bề rộng của khu vực đồng bằng. Tuy nhiên, các xu hướng có thể được phản ánh chính xác.



**Hình 22: Cao độ khu vực Đồng bằng sông Cửu Long năm 2014 và tính toán cho năm 2050 (phải). Tại đây người ta có thể sử dụng dữ liệu đo mực nước để ước tính mực nước biển dâng tương đối.**

#### 4.3.2. Mức tăng tương đối của cao độ mực nước

Hầu hết các tác động từ cả tình trạng sụt lún đất và nước biển dâng là những tác động mà con người không mong muốn.

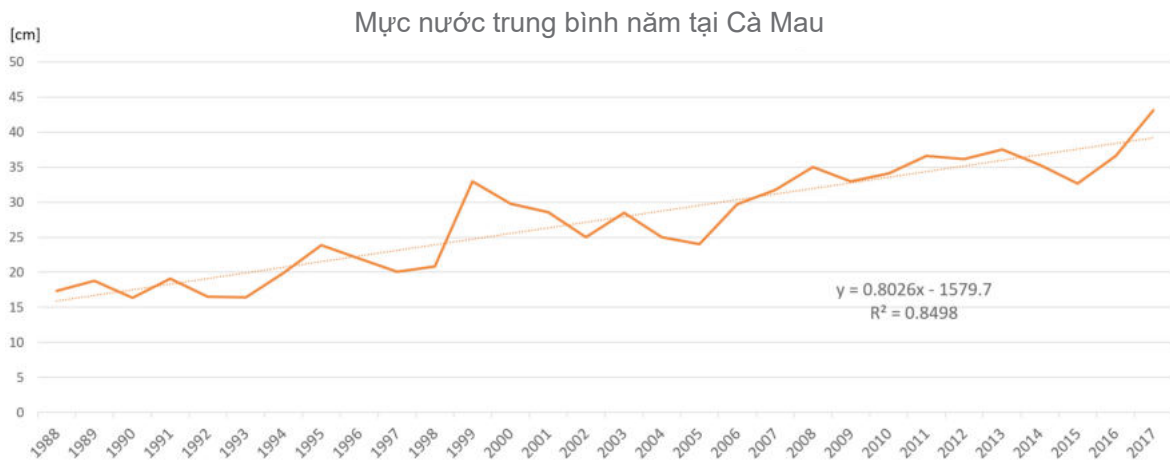
- Mất đất đai do ngập lụt
- Tăng rủi ro ngập do thủy triều từ các sông
- Tăng rủi ro nước dâng do bão và sóng thần tại khu vực bờ biển
- Tình trạng sói mòn gia tăng dọc các vùng bờ biển và sông
- Tăng độ mặn

Việc dự đoán khi nào các tác động nói trên xảy ra và tại khu vực nào là một việc khó. Nhiều quá trình rất diễn ra chậm và dần dần, qua một cơn bão mạnh, mực nước cao bất thường trên sông hay kết hợp các sự kiện này với thủy triều dâng cao có thể đẩy nhanh hơn quá trình.

Một vấn đề liên quan đến nước biển dâng và sụt lún mặt đất là việc xác định giá trị 0 (xem chương cuối). Tuy nhiên, có thể giảm thiểu vấn đề này nếu mực nước tại địa phương được kết nối với cao độ mặt đất (VD: đường xá) gần khu vực các trạm đo. Trong trường hợp này, "0" nằm chính xác ở đâu không quan trọng. Để tính toán khi nào cao độ mực nước và cao độ mặt đường gặp nhau, chỉ số từ thiết bị đo và thông tin từ quan sát các thay đổi về cao độ mặt đường là đủ. Điều này được giải thích trong ví dụ tiếp theo đây tại thành phố Cà Mau. Cà Mau nằm gần sát biển. Theo số liệu từ hệ thống benchmark chính thức của Chính phủ Việt Nam cho thành phố này thì cao độ mặt đất trung bình tại trung tâm thành phố là 1.43m và điểm thấp nhất khảo sát được là 1.03m<sup>50</sup>. Một số tuyến đường thủy đi qua thành phố và nối với biển tại khu vực phía Tây và phía Đông. Mực nước tại các nguồn nước không bị ảnh hưởng bởi sông Cửu Long nhưng lại bị ảnh hưởng mạnh bởi thủy triều và mưa.

Trong giai đoạn từ năm 1988 đến 2017, mức tăng hàng năm của cao độ mực nước tại Cà Mau trung bình khoảng 8mm mỗi năm. Mức này cao hơn so với mức tăng mực nước biển được báo cáo cho các trạm quan sát mực nước biển gần đó. Trong khoảng thời gian tương tự thì tại các

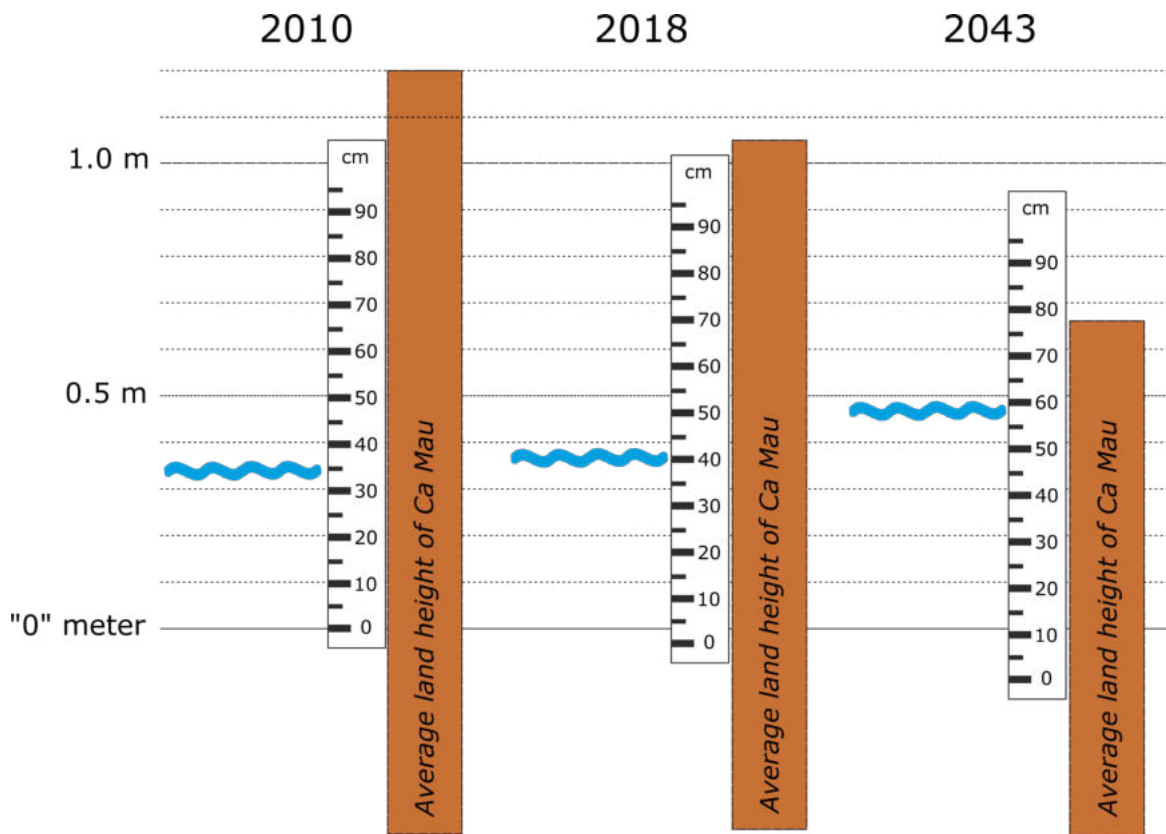
khu vực đó mức tăng chỉ là 3 -5 mm<sup>51</sup>. Như vậy mức chênh lệch vào khoảng 4 mm mỗi năm. Các nguyên nhân do tự nhiên hay do con người (VD: xây dựng đê) cho việc mực nước tăng cao hơn tại Cà Mau khi xem xét cùng với tác động của thủy triều là không rõ ràng và người ra nghi ngờ rằng mức tăng cao hơn tại Cà Mau là do tình trạng sụt lún mặt đất. Mức độ sụt lún mặt đất tại Cà Mau có thể cao hơn 4 mm mỗi năm nếu trạm đo tại Cà Mau có nền móng tương đối sâu, tốc độ sụt 4 mm mỗi năm có thể phù hợp với khoảng lún của một số toà nhà lớn trong thành phố.



**Hình 23: Mực nước tại Cà Mau: Mực nước trung bình năm**

Giả sử tốc độ sụt lún là chậm hơn (1% mỗi năm) và mực nước biển dâng không đổi (mặc dù nhiều người tin rằng tốc độ nước biển dâng hàng năm sẽ tăng trong những thập kỷ tới), chúng ta thấy các độ mặt đất và nước sẽ tiệm cận nhau. Có lẽ chưa đến một thập kỷ nữa thì nước sẽ tiến vào các tuyến phố trung tâm thành phố khi thủy triều lên.





Cao độ mực nước: 33cm	Cao độ mực nước: 36cm	Cao độ mực nước: 46cm
Chỉ số theo thiết bị đo: 33cm	Chỉ số theo thiết bị đo: 40cm	Chỉ số theo thiết bị đo: 58cm
Cao độ mặt đất TB: 120cm	Cao độ mặt đất TB: 104cm	Cao độ mặt đất TB: 66cm

**Hình 24: Cao độ mực nước và cao độ mặt đất tại thành phố Cà Mau từ năm 2010 đến năm 2043**

Cao độ mực nước và cao độ mặt đất tại thành phố Cà Mau từ năm 2010 đến năm 2043. Dữ liệu từ bản đồ địa hình của thành phố và số liệu từ năm 2010 cho thấy cao độ mặt đất là 1,2m so với mực nước biển tại khu vực trung tâm thành phố, gần trạm đo mực nước. Tốc độ sụt lún mặt đất tại khu vực này là 2 cm/năm (theo dữ liệu InSAR). Kết quả tính toán đường thẳng cho thấy cao độ mặt đất năm 2018 là 1,04m. Trong khi đó, mực nước tăng thêm do nước biển dâng được tính toán ở mức 4mm/năm. Mực nước cao hơn 3cm một chút trong năm 2018 so với năm 2010. Thiết bị đo mực nước cho thấy mực nước tăng 8mm mỗi năm. Mức tăng 4 mm/năm là do sụt lún đất. Đến năm 2043 (25 năm sau) thì tốc độ sụt lún mặt đất được giả thiết là sẽ giảm đi. Do vậy, thay vì 50cm thì mức độ sụt lún đất chỉ là 38 cm. Trong 25 năm, mực nước biển dâng là 10 cm trong khi tốc độ sụt lún vào khoảng 3 mm/năm (= 7,5 cm trong 25 năm).

Biểu đồ cho thấy cách thức mực nước và cao độ mặt đường tiến gần lại với nhau như thế nào. Các giá trị được lựa chọn để thể hiện là mực nước hàng năm trung bình và cao độ mặt đường gần trạm đo mực nước. Cao độ mực nước tối đa quan sát được hàng năm cao hơn nhiều (khoảng 0.8 m trên "0") và một số khu vực tại Cà Mau thấp hơn cao độ mặt đường gần khu vực trạm đo mực nước. Ngoài ra, mực nước biển dâng hàng năm được giả định ở mức 4 mm. Giá trị thực tế có thể cao hơn. Điều đó có nghĩa là trong những thập kỷ tới, một số khu vực của thành phố sẽ xảy ra tình trạng ngập lụt tạm thời khi thủy triều cao và /hoặc mưa lớn.

#### 4.3.3 Sự không ổn định của các công trình xây dựng / hạ tầng

Tác động của tình trạng sụt lún đất cùng với nước biển dâng đã được trình bày bởi nhiều tác giả. Báo cáo này tập trung vào những tác động khác của tình trạng sụt lún đất. Tác động đến các công trình xây dựng và hạ tầng ở đây không tính đến yếu tố nước biển dâng:

- các cây cầu ngất kết nối khỏi các tuyến đường do vậy cần phải bổ sung đoạn dốc lên cầu
- các đường ống dịch vụ (nước, nước thải) ngất kết nối khỏi các toà nhà
- ngất kết nối các dốc lên cầu, cầu thang của các toà nhà
- gây tình trạng nghiêng nhà (nếu sụt lún không đồng đều)
- gây tình trạng nứt các toà nhà (nếu sụt lún không đồng đều)



**Hình 25: Cây cầu được xây dựng trong thời gian gần đây có kết nối liền mạch với các tuyến đường nối. Chưa quan sát thấy sụt lún nền đất.**

Cây cầu được xây dựng trong thời gian gần đây có kết nối liền mạch với các tuyến đường nối. Hiện vẫn chưa quan sát được tình trạng sụt lún. Sau khi cây cầu được đưa vào sử dụng trong vài năm sẽ xuất hiện các dấu hiệu của việc đường kết nối hạ xuống thấp so với cây cầu. Một ví dụ là Cầu Cái Sơn ở phía Tây của thành phố Cần Thơ. Chúng ta có thể thấy rõ giai đoạn thi công trên hình ảnh vệ tinh trước đây.



**Hình 26: Hình ảnh từ Google Earth về Cầu Cái Són ngày 08.12.2009.**

Sau 10 năm thì cây cầu cao hơn đường nổi khoảng 35cm. Tính trung bình thì con đường sụt xuống 3,5cm / năm so với cây cầu.

Trong năm 2018, có thể thấy một tuyến đường dẫn tạm để kết nối đường với cây cầu cao hơn đã được thi công. Vĩa hè dành cho người đi bộ bị tách khỏi thành cầu, lún và nghiêng về phía con đường. Cao độ ban đầu của vỉa hè để lại những dấu tích trên kết cấu cây cầu.



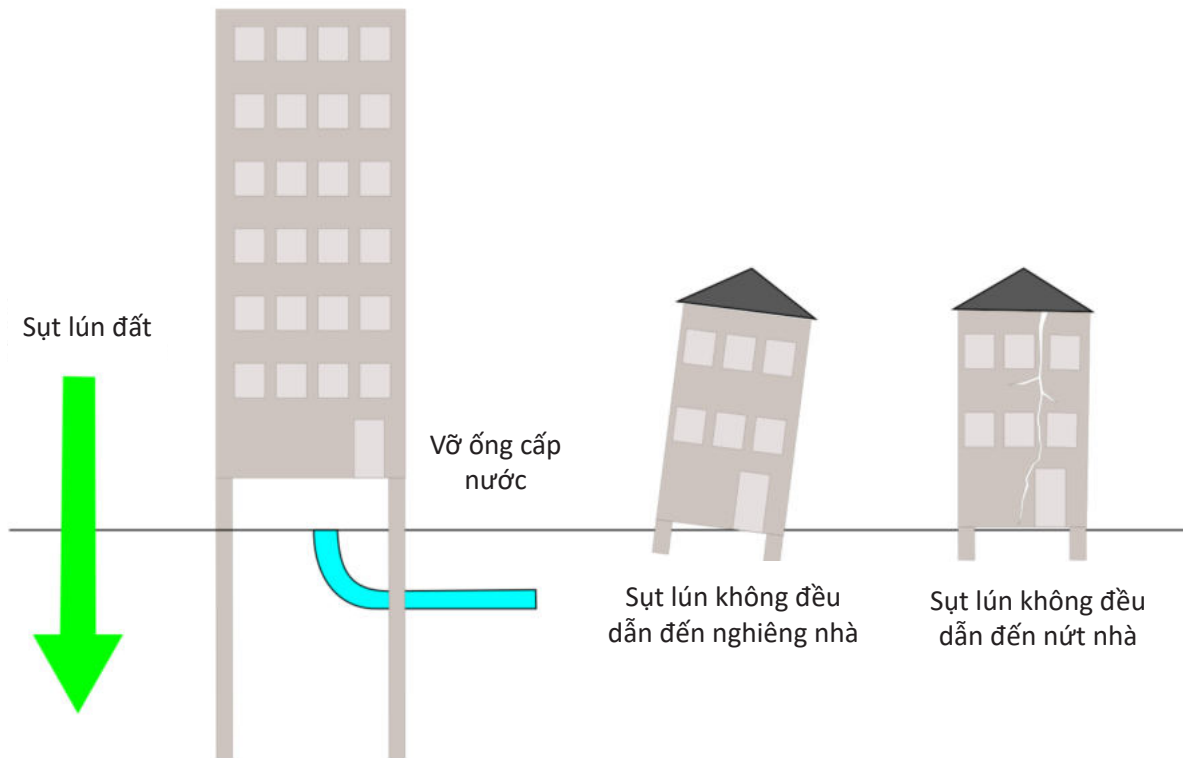
**Hình 27: Hình ảnh Cầu Cái Són ngày 13.05.2018**



**Hình 28: Hình ảnh Cầu Cái Sơn đầu năm 2019**

Sau tháng 5 năm 2018, đoạn đường nối tạm đã được thay thế bằng đoạn đường bằng phẳng hơn, vỉa hè đã được sửa chữa và cao độ được điều chỉnh thấp hơn so với cây cầu. Kết quả đo InSAR cây cầu cho thấy tốc độ lún xuống là 0,3 cm/năm, trong khi đó PS các toà nhà nhỏ hơn lún với tốc độ trung bình là 3 – 4 cm/năm.

Các toà nhà thường gặp vấn đề do tình trạng sụt lún đất. Các toà nhà lớn hơn và ổn định hơn có tốc độ sụt lún nhỏ hơn cũng bị tác động bởi các sụt lún xung quanh chúng với mức độ nhanh hơn. Các đường ống có thể bị hỏng và cần sửa chữa. Các lối vào cho người và xe cộ cũng bị hỏng và cần điều chỉnh độ cao. Nếu tình trạng sụt lún xảy ra không đồng đều dưới một toà nhà thì thậm chí có thể gây nghiêng hay tạo ra các vết nứt.



**Hình 29: Các hỏng hóc / thiệt hại có thể xảy ra đối với các tòa nhà so sụt lún đất**

Khi mặt đất gần một toà nhà lún xuống nhanh hơn toà nhà thì các đường ống cấp nước và thoát nước có thể bị hỏng kết nối với toà nhà và cần phải sửa chữa sau vài năm.



**Hình 30: Tình trạng vỡ ống thoát nước mưa (Bệnh viện tại Cà Mau). Kết cấu của các toà nhà có thể bị hỏng do tình trạng sụt lún đất.**



Hình 31: Phần giữa của sàn nhà lún xuống nhanh hơn phần tường tạo ra các khoảng trống giữa phần chia tách cửa sổ, cửa chính và sàn (một bệnh viện tại Cà Mau).



Hình 32: Sàn nhà phía bên phải và phía bên trái nằm trên một mặt bằng khi Bệnh viện tại Long Xuyên được xây dựng

Phần phía bên trái đã hoàn thành trước. Phía bên phải là phần mở rộng của toà nhà ban đầu. Phía bên phải lún xuống nhanh hơn phía bên trái và một đoạn dốc đã được thi công để việc đi lại thuận tiện hơn. Vết nứt mới cho thấy phía bên phải tiếp tục lún xuống nhanh hơn và cuối cùng thì đoạn dốc sẽ lại phải điều chỉnh lại.

Một dấu hiệu phổ biến của tình trạng sụt lún đất có thể thấy được ở lối vào các toà nhà cũ và lớn.



**Hình 33: Trái: Hội trường tại Thành phố Cà Mau, Phải: Đại học An Giang tại Thành phố Long Xuyên.**



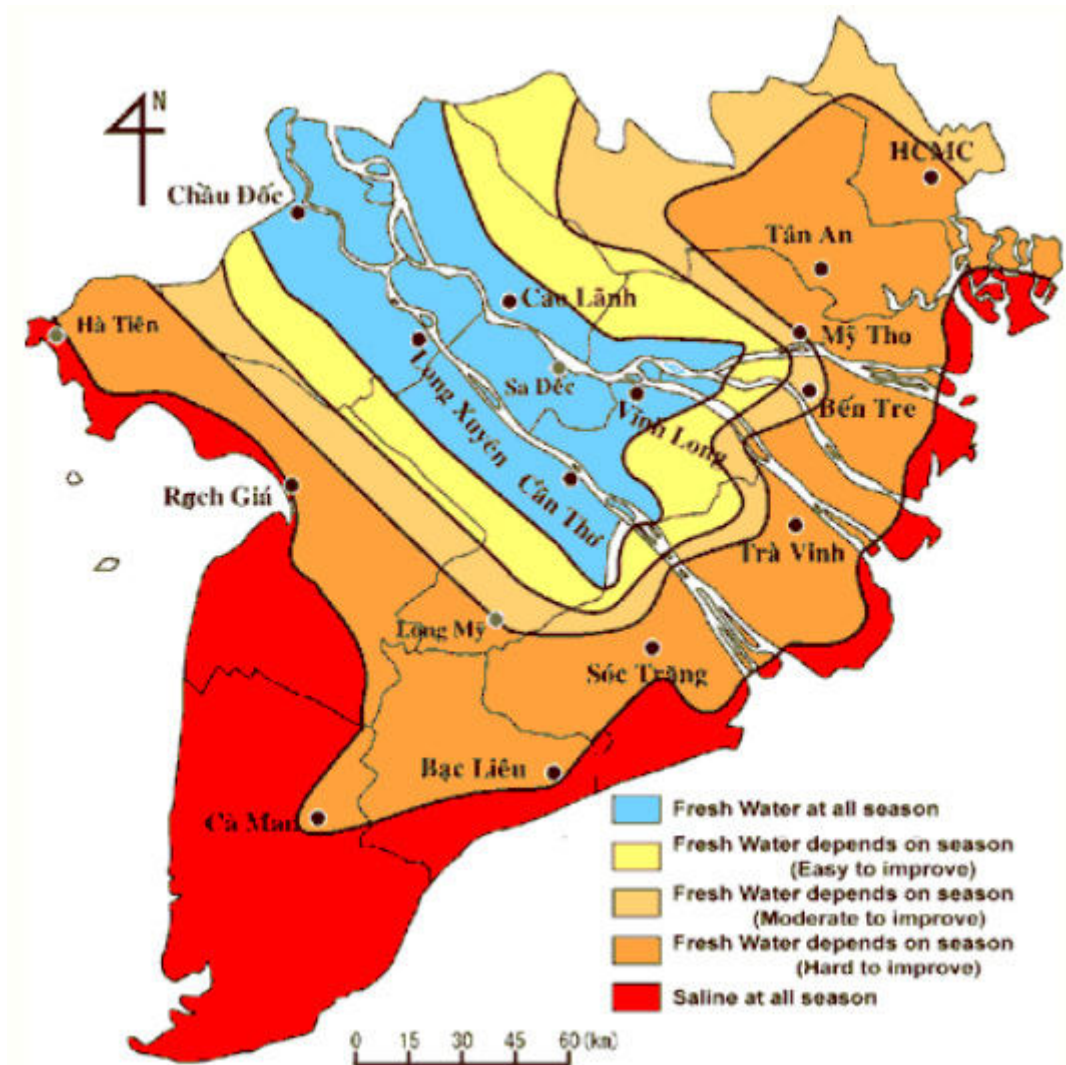
**Hình 34: Trái: Siêu thị tại Thành phố Long Xuyên, Phải: Bệnh viện tại Thành phố Cà Mau.**

Có thể nhìn thấy hình ảnh giống nhau ở mọi nơi. Mặt đất lún xuống so với toà nhà và gây ra hỏng hóc tại các điểm kết nối giữa hai kết cấu. Mức chênh lệch cao độ quan sát được phần lớn phù hợp với dữ liệu InSAR. Tuổi của các toà nhà (trong một số trường hợp là tạm tính) nhân với tốc độ lún hàng năm phù hợp với tổng chênh lệch cao độ quan sát được giữa các toà nhà và nền đất xung quanh.

#### 4.3.4 Xâm nhập mặn

Tại các khu vực ven biển thường có vùng nước ngọt ở khu vực cửa sông. Nước mặn cũng có thể xâm nhập vào vùng ven biển nếu cao độ mặt đất rất thấp và lượng nước ngọt xả ra nhỏ trong các thời kỳ khô hạn (lượng mưa thấp, hạn hán). Tại khu vực ĐBSCL, mực nước biển dâng tương đối cùng với mực nước thấp tại các lưu vực nước trong mùa khô thường gây ra tình trạng

xâm nhập mặn và làm tăng hàm lượng muối trong các lưu vực nước trong đất liền đến mức vượt quá khả năng chịu đựng của một số loại cây trồng và khả năng tiêu thụ của con người<sup>53</sup>.



Hình 35: Đặc điểm của xâm nhập mặn tại đồng bằng sông Cửu Long. Hàm lượng muối cao gây ra các mức độ thiệt hại khác nhau cho nông nghiệp, thủy sản và đời sống của người dân trong khu vực.<sup>54</sup>

#### 4.4. Giảm thiểu tốc độ sụt lún đất

Mặc dù sụt lún đất phần lớn là do hoạt động của con người (giảm mạnh việc bổ sung trầm tích/ phù sa, khai thác nước ngầm, tải trọng lớn từ các toà nhà và hạ tầng), không dễ để giảm tốc độ sụt lún hay là ngăn chặn hoàn toàn.

Tại các khu vực trồng trọt, việc phục hồi tình trạng ngập lụt và cùng với lượng trầm tích / phù sa bồi đắp cũng là một phương án, nhưng ngay cả khi tình trạng ngập lụt được phục hồi lại với mức như trước đây thì lượng phù sa còn lại tại các cánh đồng cũng nhỏ hơn nhiều so với trước đây. Nguyên nhân là do lượng trầm tích / phù sa được vận chuyển tại sông Cửu Long giảm đi đáng kể<sup>55</sup>. Dòng sông chỉ mang 50% tải lượng phù sa đã có trước đây (trước khi có tác động của con người)<sup>56</sup>. Có hai lý do chủ yếu cho việc lượng phù sa giảm đi: bị kẹt lại các con đập ở thượng nguồn và việc khai thác cát dưới lòng sông.



Tại Trung Quốc, Lào, Thái Lan và Campuchia, các đập thủy điện đã được xây dựng trong nhiều thập kỷ qua và nhiều con đập nữa đang được xây dựng hoặc đã trong quy hoạch. Các con đập giữ lại các trầm tích và một khi tất cả các con đập đã quy hoạch được xây dựng xong thì lượng trầm tích ở phía hạ nguồn sông còn lại rất ít. Theo tính toán thì mức độ giảm đi sẽ là 90<sup>57</sup> đến 96<sup>58</sup> % so với thời trước khi xây đập. Các trầm tích tại các hồ chứa thực ra là thứ mà bên vận hành đập không mong muốn vì chúng làm giảm công suất của hồ chứa, tuy nhiên, việc xả các trầm tích bằng phương pháp thủy lực (xả nước, dẫn qua ống xiphong) hay bằng máy móc cũng tốn kém (về chi phí) và dường như các công ty vận hành đập trên lưu vực sông Mekong cũng không tích cực theo đuổi các hoạt động này. Bộ Tài nguyên và Môi trường cho biết Chính phủ Việt Nam đã tiến hành đàm phán với các nước trong khu vực để giảm phát triển các công trình thủy điện với mục tiêu giảm lượng trầm tích mất đi<sup>59</sup>, tuy nhiên, tới nay vẫn chưa đạt được những thành công cụ thể<sup>60</sup>. Trong trường hợp các nỗ lực của Chính phủ Việt Nam không thành công và các con đập sẽ được xây dựng theo quy hoạch thì lượng trầm tích tại sông Mekong sẽ tiếp tục giảm mạnh.

Tình hình càng trở nên phức tạp hơn do tình trạng khai thác cát trên các tuyến sông chính. Cát được khai thác để xây dựng và với tốc độ phát triển kinh tế hiện nay tại Việt Nam cũng nhưng tại các nước khu vực thượng nguồn, nhu cầu khai thác cát là cao và ngày càng cao hơn. Trước đây, cát cũng được xuất khẩu ra nước ngoài<sup>61</sup>. Mặc dù việc khai thác cát đã được luật hoá tại Việt Nam nhưng những quy định đó lại không được thực thi triệt để và được thi hành. Ngân hàng thế giới đã lên tiếng về vấn đề này trong tháng 6 năm 2019<sup>62</sup>.



**Hình 36: Khai thác cát tại sông Cửu Long**

Như vậy, việc bổ sung cao độ đất đã mất đi tại các khu vực nông nghiệp bằng cách phục hồi cao độ lụt trước đây dường như không khả thi.

Một phương án khác là giảm mức độ sụt lún đất bằng cách giảm khai thác nước ngầm. Tại nhiều nơi trên thế giới, tài liệu về mối liên hệ mật thiết giữa việc khai thác nước ngầm và mức sụt lún đất đã được lưu lại<sup>63</sup>. Dữ liệu về thể tích nước ngầm được khai thác tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long đã không được thu thập một cách có hệ thống và các tính toán được các chuyên gia thực hiện dựa trên mực nước ngầm và các dữ liệu khác như số lượng giếng khoan hay tính toán lượng nước tiêu thụ trên đầu người<sup>64</sup>. Dựa trên các tính toán và giả định này, nhiều mô hình tính toán đã được thực hiện và tương quan với các dữ liệu về sụt lún đất quan sát được<sup>65</sup>.



**Hình 37: Đầu nối bơm nước ngầm trong cấp nước sạch thương mại tại Cà Mau (Ảnh từ BGR)**

Tính toán mô hình đưa đến kết luận rằng hơn 2/3 mức độ sụt lún phát hiện được là do việc khai thác nước ngầm<sup>66</sup>. Người ta có thể giả định một cách an toàn rằng việc khai thác nước ngầm không đồng đều trên toàn khu vực đồng bằng và thành phần của các yếu tố gây sụt lún đất cũng khác nhau nhiều. Việc các mô hình có thể ứng dụng tại tất cả các địa điểm hay không thì cũng không rõ ràng.

Vì mô hình tính toán cũng có một số điểm không chắc chắn và ước tính đóng góp cục bộ của việc khai thác nước là rất khó khăn, nên rất khó để dự tính được tác động tiềm tàng của việc giảm hay dừng khai thác nước ngầm. Tuy nhiên, có thể thấy rõ là việc giảm khai thác nước ngầm sẽ ảnh hưởng đến cấp nước và các hoạt động kinh tế tại khu vực đồng bằng ven biển và cũng sẽ gặp sự phản đối của những người sử dụng nước ngầm. Việc hành động một cách quyết đoán rõ ràng sẽ mang lại lợi ích ở một mức độ hợp lý nào đó nhờ các bằng chứng nhưng theo quan điểm của BGR và GIZ, những gì chưa chắc chắn còn lại không nên là nguyên nhân gây sự chậm trễ trong việc thực hiện các biện pháp và kéo dài các phương thức không bền vững. Trong khi việc dừng hoàn toàn việc khai thác nước ngầm có vẻ khó thực hiện trong ngắn hạn thì vấn đề quan trọng là các điều kiện tiên quyết về kỹ thuật, thể chế và pháp lý cho việc

quản lý nước ngầm hiệu quả và đạt mục tiêu cần được xây dựng càng sớm càng tốt. Đồng thời, cần tăng cường các nỗ lực thu thập dữ liệu và bằng chứng về phân tích nguyên nhân và quản lý nước ngầm – ví dụ thông qua việc đo lường và giám sát việc khai thác nước ngầm để giảm dần sự không chắc chắn. Các phương án điều tiết khi đó cần được ưu tiên và hướng mục tiêu tới các khu vực và độ sâu cụ thể nhạy cảm với sụt lún đất, hay tới các khu vực có nguồn nước ngầm quan trọng mang tính chiến lược.

Một phương thức tiếp cận tham vọng hơn để giảm tình trạng sụt lún đất là không chỉ dừng mà còn nén ngược trở lại tại những khu vực đã khai thác nước ngầm. Việc này có thể thực hiện bằng cách bổ cập các tầng chứa nước được quản lý và bằng cách nhân tạo, đặc biệt là việc bổ cập tầng chứa nước bằng cách bơm nước mặt vào. Tuy nhiên, không rõ các quy trình đã nêu có dẫn tới tình trạng nén - vì có lẽ các kết cấu sét bị sụp lún do áp lực nước ngầm giảm đi có thể phục hồi được hay không. Ngay cả khi có thể thực hiện được về mặt kỹ thuật thì chi phí thực hiện chắc cũng sẽ cao và phương án này có vẻ không thực tế lắm.

#### 4.5. Thích ứng với sụt lún đất

Các phương án để giảm hoặc dừng tình trạng sụt lún đất là hạn chế và nếu không thể giảm tình trạng sụt lún đất một cách hiệu quả thì phương án tốt nhất tiếp theo là sống cùng với nó và đối phó với các tác động của nó. Cho tới nay, các tác động của tình trạng sụt lún đất tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long chưa thể hiện rõ nét (chưa có khu vực nào của vùng đồng bằng nằm dưới mực nước biển) và rất ít biện pháp ứng phó đã được thực hiện. Tuy nhiên, một số biện pháp thì vẫn còn đang trong giai đoạn lập kế hoạch ví dụ như xây dựng kè xung quanh thành phố Cần Thơ.

Tại khu vực ĐBSCL, các khu vực dân cư thì lún nhanh hơn so với khu vực nông nghiệp. Do vậy, dự kiến sẽ có nhiều thành phố và khu đô thị sẽ gặp phải tình trạng xâm lấn nước ngầm nghiêm trọng trước so với khu vực trồng trọt. Mật độ dân cư và công trình kiến trúc, nhà cửa tại các khu dân cư cao hơn nhiều so với khu vực nông thôn. Những thực trạng này đòi hỏi những biện pháp thích ứng tại các thành phố với mức ưu tiên cao hơn.

Sụt lún đất gần bờ biển không phải là một hiện tượng mới lạ trên thế giới. Nhiều khu vực đã có kinh nghiệm, và đã thiết kế và thực hiện các biện pháp giảm thiểu. Ví dụ nổi bật nhất là đất nước Hà Lan với khoảng 1/3 diện tích đất nằm dưới mực nước biển và không xây ra thảm họa lớn trong những thập kỷ gần đây. Một ví dụ khác là Bang New Orleans tại Mỹ. Bang này cũng nằm dưới mực nước biển trên một phạm vi rộng lớn và thành phố được bảo vệ khỏi ngập nước bởi hệ thống đê. Khi trận bão Katrina tấn công thành phố năm 2005, lũ lụt đã phá vỡ và làm ngập thành phố khiến 1.500 người thiệt mạng và gây ra các thiệt hại kinh tế to lớn. Ngoài ra còn có các ví dụ gần với ĐBSCL hơn. Tokyo, Bangkok, Jakarta và Semarang là những ví dụ điển hình về những địa điểm xây ra tình trạng sụt lún nghiêm trọng. Các thành phố này đã thực hiện các bước để thích ứng với tình trạng sụt lún đất cùng với việc nước biển dâng.

Biện pháp phổ biến nhất để đối phó với nước biển dâng tương đối là xây dựng hệ thống đê hay kè bờ xung quanh các khu vực cần được bảo vệ. Công trình này bao gồm một hệ thống cửa cống và bơm để giữ hoặc xả nước ra khỏi những vùng trũng. Phương án này đòi hỏi cả về kỹ thuật lẫn tài chính và tại khu vực ĐBSCL thì phù hợp với các khu vực dân cư và công nghiệp, trong khi đó, các khu vực nông nghiệp không thể được bảo vệ bởi hạ tầng lớn và đắt đỏ như vậy.

Các bến cảng cần nằm ngoài các khu vực được bảo vệ ngoài đê vì chúng cần phải nằm trực tiếp tại các vùng nước biển sâu. Tại Indonesia và Nhật Bản, nước biển dâng tương đối được

bù bằng cách thêm các lớp bê tông hoặc vật liệu tương tự phía bên trên các cầu cảng. Cách làm này tốn kém chi phí và không bền vững vì nước biển dâng tương đối / sụt lún đất thêm sẽ đòi hỏi thêm sự can thiệp tương tự sau một vài thập kỷ. Một giải pháp khả thi và thực tế hơn có thể là các bến cảng nổi. Các cầu cảng cũng sẽ nổi và được kết nối với nhau bằng cầu di động đến các con đường trên cao trong đất liền. Ngoài những thay đổi về cao độ thường xuyên của thủy triều, công trình hạ tầng này có thể chống chọi với hàng mét nước biển dâng tương đối.



**Hình 38: Cầu tàu nổi (hình ảnh từ trang <http://www.bfsa.eu/en/home/>)**

Có rất nhiều công trình đang được thi công tại khu vực ĐBSCL. GIZ khẩn thiết đề xuất điều chỉnh cao độ cơ sở của các khu vực dân cư, khu công nghiệp, đường và các khu vực tương tự sao cho đảm bảo các khu vực này vẫn nằm trên cao độ mực nước vào cuối thế kỷ này.

Một trong các động của sụt lún đất là tình trạng xâm nhập mặn tại các vùng ven biển. Ngoài những chiến lược đã trình bày này (VD: đê, thi công cửa / cống), có một số giải pháp khác đã được thực hiện:

- điều chỉnh vụ mùa
- chuyển đổi từ trồng lúa sang nông nghiệp chịu mặn ví dụ như nuôi tôm
- đào sâu ao nuôi trồng thủy sản và sử dụng vật liệu để tăng độ cao kè



NguyenKim

LÃI SUẤT

0%

FE CREDIT



TRẢ GÓP

THỦ T  
XÉT

5<sup>T</sup>



Trong những năm gần đây, những hiểu biết về vấn đề sụt lún đất và hậu quả của nó đối với phát triển kinh tế và môi trường tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long đã có những tiến bộ đáng kể. Việc tìm hiểu về thực trạng của sụt lún đất, các nguyên nhân và xây dựng các giải pháp thực tế và bền vững là một ưu tiên của Chính phủ. Các thách thức đối với Chính phủ là lớn, ví dụ như sự thiếu hụt và không thống nhất trong khung pháp lý và chính sách, vai trò và trách nhiệm của các bộ ban ngành và các tỉnh không rõ ràng, khoảng cách giữa các dữ liệu và bằng chứng sẵn có, nguồn ngân sách nhà nước được phân bổ cho việc thích ứng và giảm thiểu tình trạng sụt lún đất còn hạn chế.

Dữ liệu dựa trên InSAR mới về dịch chuyển thẳng đứng của bề mặt đất và các tòa nhà cung cấp rất nhiều dữ liệu và cần được khai thác triệt để. Tuy nhiên, chỉ với việc xử lý và phân tích dữ liệu về các nguyên nhân gây sụt lún đã thực hiện cho đến nay thì các dữ liệu mới cho thấy một cách rõ ràng về tầm quan trọng của vấn đề này trên toàn khu vực đồng bằng và các kết quả quan sát xác nhận tốc độ sụt lún đáng báo động, nhanh hơn cả mực nước biển dâng rất nhiều lần. Thật đáng lo ngại khi mà tất cả các dãy thời gian của hầu hết các điểm dữ liệu mới cho thấy xu hướng tuyến tính thẳng đứng. Điều này có nghĩa là sụt lún đất không có thấy dấu hiệu giảm đi. Vì toàn bộ khu vực đồng bằng chỉ nằm trên mực nước biển, dẫn tới rủi ro ngập trên diện rộng là rất cao trừ khi các hành động được thực hiện để đảo ngược xu thế này và giảm tốc độ sụt lún đi một cách đáng kể. Độ cao tham chiếu 0 (“mực nước biển trung bình”) giữa bản đồ này (hoặc

Mô hình số độ cao) khác so với bản đồ khác. Với bản đồ này, rất khó để đưa ra các dự báo về thời điểm các ảnh hưởng cụ thể của sụt lún sẽ được thể hiện mạnh hơn. Tuy nhiên, rõ ràng thì thời gian sẽ chỉ tính bằng số năm hay thập kỷ cho đến khi các tác động nghiêm trọng hơn của sụt lún kết hợp cùng với nước biển dâng sẽ làm tăng thêm tác động tiêu cực mà chúng ta đã thấy hiện nay. Xâm nhập mặn sẽ tiếp tục ảnh hưởng đến nông nghiệp và tình trạng ngập lụt tạm thời sẽ thường xuyên hơn và xảy ra trên diện rộng, ảnh hưởng tới phát triển đô thị và nông thôn. Sự ổn định của các tòa nhà công và tư cùng với hạ tầng sẽ bị ảnh hưởng.

Hiện tại, có rất ít các phương án để giảm thiểu sụt lún đất. Việc giảm hay dừng khai thác nước ngầm hay tăng lượng trầm tích chắc chắn sẽ làm chậm lại một số tác động trong một thời gian. Tuy nhiên, nhiều chính trị gia và các nhà khoa học tin rằng mực nước biển sẽ dâng lên. Điều này có thể là giảm đi lợi ích nhận được từ tốc độ sụt lún đất chậm lại bằng cách áp dụng các phương án này. Một phương án thay thế khác là đối mặt với sụt lún đất bằng cách thích ứng và tìm cách sống chung với việc mực nước tăng lên. Trong nông nghiệp, điều này có nghĩa là sẽ chuyển sang canh tác các loài có thể sống trong nước mặn và các khu vực đô thị (sụt lún nhanh hơn khu vực canh tác) có thể cần đến các giải pháp hạ tầng như đê bao, cống xả và trạm bơm để bơm nước ra khỏi các khu vực đô thị bị ảnh hưởng.



# 06 Đề xuất giải pháp

Vẫn cần nghiên cứu nhiều hơn để có thể hiểu rõ về hiện tượng và đề xuất các chiến lược ứng phó phù hợp để giải quyết “vấn đề kép” gồm nước biển dâng và sụt lún đất. Trong dài hạn, sự tồn tại của khu vực đồng bằng sông Cửu Long bị đe dọa. Hiện đã có một số giải pháp can thiệp trong ngắn hạn nhưng chiến lược dài hạn để cứu khu vực đồng bằng khỏi tình trạng ngập lụt vẫn cần được nghiên cứu thêm và xây dựng.

GIZ đề xuất các giải pháp dưới đây và được chia thành hai phần. Trước hết là các đề xuất chính sách chung và sau đó là các hành động cụ thể cần thực hiện thông qua năm bước quản lý sụt lún đất.

## Đề xuất chung đối với các nhà hoạch định chính sách:

### 1. Lồng ghép các hoạt động thích ứng với sụt lún đất vào khung pháp lý và chính sách Các lĩnh vực cần cập nhật khung chính sách và pháp lý gồm:

- Thủy lợi
- Khí tượng và thủy văn
- Xây dựng
- Quy hoạch đô thị
- Nghị định 80 về thoát nước và xử lý nước thải



## 2. Phân bổ ngân quỹ trung ương

- Đánh giá hiện trạng phân bổ ngân quỹ cho hoạt động thích ứng và giảm thiểu tác động sụt lún đất ở cấp trung ương và địa phương
- Đánh giá vai trò của khu vực tư nhân, hợp tác công tư và xã hội hóa
- Thiết lập dự toán ngân sách cho các phương án thích ứng và giảm thiểu tác động của sụt lún đất
- Phân bổ ngân sách trung ương cho các giải pháp được chọn

## 3. Phân định rõ ràng vai trò và trách nhiệm của các bộ ban ngành và các tỉnh

- Đánh giá thể chế các bộ và tỉnh có liên quan
- Trình bày các phương án với các nhà hoạch định chính sách
- Chính phủ phê duyệt đề xuất vai trò và trách nhiệm cụ thể

## 4. Lồng ghép sụt lún đất vào Quy hoạch tổng thể khu vực đồng bằng sông Cửu Long

- Đánh giá về việc lồng ghép sụt lún đất vào Quy hoạch tổng thể đồng bằng sông Cửu Long trong thời gian tới (theo Luật quy hoạch)
- Phối hợp với Bộ Kế hoạch Đầu tư và các bộ có liên quan khác

## Đề xuất cụ thể các bước để quản lý tình trạng sụt lún đất:

### 1. Đo lường tốc độ sụt lún đất (thu thập dữ liệu chuyển động của nền đất).

- Xây dựng hoặc tăng cường nguồn nhân lực tại Việt Nam để chuyển đổi những dữ liệu vệ tinh radar sẵn có thành dữ liệu chuyển động mặt đất thẳng đứng (nghiên cứu và phát triển phương pháp).
- Thiết lập dịch vụ quan sát InSAR thường xuyên cho các khu vực có rủi ro cao tại Việt Nam.
- Tăng cường số lượng thiết bị phản xạ radar vệ tinh tại các vị trí quan sát khác (để có thể so sánh các phương pháp khác nhau).
- Tiếp tục / mở rộng GNSS cùng với các thiết bị tại các vị trí quan sát khác.
- Khoan một số lỗ để đo độ nén tại các độ sâu khác nhau (thiết bị đo độ giãn nở, v.v).
- Đo sự khác biệt về chuyển động thẳng tương đối giữa các hạ tầng / toà nhà và mặt đất.
- Xác minh độ cao "0" (geoid) làm tham chiếu cho các phép đo khác.
- Bổ sung các điều khoản để đo sụt lún đất trong Luật đo đạc và bản đồ.
- Thông báo các dữ liệu về sụt lún đất theo Luật đo đạc và bản đồ.

### 2. Tìm hiểu các nguyên nhân (nghiên cứu về các yếu tố gây sụt lún đất).

- Nghiên cứu kết hợp dữ liệu chuyển động nền đất có sẵn với các dữ liệu khác (loại đất, tuổi, tầng ngậm nước, khai thác nước ngầm, sử dụng đất, v.v).
- Tiến hành các nghiên cứu cụ thể về các yếu tố nghi ngờ (địa chất, thủy văn, cơ học đất, tải trọng của các toà nhà, v.v).
- Tiếp tục tăng cường năng lực theo dõi nước ngầm thường xuyên, bao gồm cả việc giám sát nền đất và việc khai thác (cải thiện độ bao phủ không gian, mật độ mạng lưới và bổ sung các tầng chứa nước).
- Xem xét thuật ngữ "sụt lún đất" theo các nhiệm vụ của Bộ TN-MT trong Luật Phòng chống thiên tai

**3. Tìm hiểu về hậu quả**

- Phát triển hoặc hoàn thiện các phương pháp để dự báo DEM.
- Phát triển hoặc hoàn thiện các phương pháp để dự báo nước biển dâng tương đối.
- Phát triển hoặc hoàn thiện các phương pháp dự báo xâm nhập mặn.
- Tiến hành nghiên cứu tác động của GS đối với các khu nhà và công trình hạ tầng.
- Bổ sung thêm thuật ngữ “sụt lún đất” vào nhiệm vụ của Bộ NN-PTNT trong khuôn khổ Kế hoạch phòng chống và kiểm soát thiên tai quốc gia trong Luật Phòng chống thiên tai.

**4. Giảm thiểu (giảm tốc độ)**

- Xây dựng các biện pháp để tăng lượng trầm tích tại các khu vực trồng trọt.
- Thúc đẩy các phương án thay thế cho việc khai thác nước ngầm.
- Kiểm tra khả năng bổ cập các tầng ngậm nước.
- Tăng cường năng lực kỹ thuật, thể chế và pháp lý trong các quy định về nước ngầm.
- Thực thi các quy định hiện có về khai thác nước ngầm có tính đến sự sụt lún đất (cụ thể là giới hạn và tiêu chí đăng ký khai thác nước ngầm và các khu vực hạn chế khai thác).

**5. Thích ứng (sống chung)**

- Tiến hành nghiên cứu khả thi để bảo vệ các thành phố bằng các công trình hạ tầng (đê, cống, bơm).
- Xác định cao độ tối thiểu trên “0” (mức nước biển trung bình) cho các khu dân cư, khu công nghiệp và các công trình hạ tầng trên mức nước tại khu vực tính đến cuối thế kỷ.
- Phát triển / điều chỉnh các biện pháp thích ứng nông nghiệp (chuyển sang trồng các cây chịu mặn, chuyển sang nuôi trồng thủy sản, đào các ao nuôi trồng thủy sản sâu hơn và sử dụng vật liệu để tăng cao độ của kè, v.v).





# TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Van Lap Nguyen et al.: Môi trường trầm tích Holocene và tiến hoá vùng ven biển tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, phía Nam Việt Nam, trích: Tạp chí khoa học trái đất khu vực Châu Á 18 (2000), 427-439
2. Chuyển thể từ: Zoccarato, C., et al.: Vai trò của trầm tích và nén tự nhiên tại một vùng đồng bằng đang dịch chuyển: tìm hiểu về khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, trích: Báo cáo khoa học 8 (2018)
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Subsidence>; định nghĩa này thống nhất với bản tiếng Việt của Wikipedia: Khái niệm sụt lún đất đề cập đến hiện tượng địa chất kiến tạo hạ thấp lớp bề mặt trái đất. Thuật ngữ này không có tiêu chuẩn hạn chế về kích thước hoặc hình dạng. Tuy nhiên, trong lĩnh vực tài nguyên nước, sự sụt lún đất được đề cập thường liên quan đến hiện tượng hạ thấp nền đất do khai thác nước ngầm.
4. Luật tài nguyên nước (Số 15/2012/L-CTN), Điều 62. (<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/vie117928.pdf>)
5. Luật Phòng, chống thiên tai (Số 33/2013/QH13), Điều 3, Đoạn 1 (<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/vie164788.pdf>)
6. Luật đất đai (45/2013/QH13), Chương 6, Điều 65, Đoạn 1f và Đoạn 2e (<https://vietnamlawenglish.blogspot.com/2013/11/vietnam-land-law-2013-law-no-452013qh13.html>)
7. Nghị định số 43/2014/ND-CP, Chương VII, Phần 2, Điều 65, Đoạn 2 (<https://namdinh.gov.vn/SiteFolders/ubndnamdinhENG/5318/Decree%2043-2014%20ND-CP.pdf>)
8. Luật Phòng, chống thiên tai (Số 33/2013/QH13), (<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/vie164788.pdf>)
9. Luật Phòng, chống thiên tai (Số 33/2013/QH13), Điều 3, Đoạn 1 và Điều 26, Đoạn 1
10. Thông tư số 60/2015 / TT-BTNMT, Điều 53, Đoạn 2d: Hệ thống bảng, biểu, biểu đồ, số liệu quan trắc về các sự cố do thiên tai: trượt, sạt lở, sụt lún đất tại vùng đồi núi; xói lở bờ của sông, suối, bờ biển. (<https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Bat-dong-san/Thong-tu-60-2015-TT-BTNMT-ky-thuat-dieu-tra-danh-gia-dat-dai-300364.aspx>)
11. Luật Tiếp cận Thông tin (104/2016/QH13), Điều 5

12. Luật Tiếp cận Thông tin (104/2016/QH13), Điều 5
13. Luật Thống kê (89/2015/QH13), Điều 36, Đoạn 3b liên quan đến các điều 67, 68, 69.
14. Luật đo đạc và bản đồ (27/2018/QH14), Chương III, Điều 30, Đoạn 2: đo đạc, thành lập bản đồ phục vụ công tác dự báo, cảnh báo, phòng, chống thiên tai, ứng phó với biến đổi khí hậu được thực hiện theo chương trình, kế hoạch của Chính phủ, Bộ, cơ quan ngang Bộ và Ủy ban nhân dân cấp tỉnh.
15. Luật đã đề cập đến thuật ngữ “sụt lún đất” nhưng đó là cách hiểu sai về thuật ngữ này.
16. Quyết định số 48/2017/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ban hành ngày 12 tháng 12 năm 2017 quy định về chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Tổng cục địa chất và khoáng sản Việt Nam trực thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường, quy định về nhiệm vụ và quyền hạn tại Điều 2 như sau: 13. Tổ chức và thực hiện các nhiệm vụ khoa học và công nghệ; ứng dụng; triển khai tiến bộ kỹ thuật và chuyển giao công nghệ về địa chất và khoáng sản theo quy định.
17. Luật Phòng chống thiên tai (Số 33/2013/QH13), Điều 15, Đoạn 6b: Xác định, đánh giá rủi ro thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai thường gặp, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến hoạt động phát triển của các ngành, địa phương trong phạm vi cả nước.
18. Luật Phòng chống thiên tai (Số 33/2013/QH13), Điều 15, Đoạn 7c.
19. Xem ở trên (Luật tài nguyên nước, Số 15/2012/L-CTN), Điều 3, Đoạn 3
20. Quyết định số 26/2017/QĐ-TTg ngày 03.07.2017 (<http://phongchongthientai.vn/he-thong/vu-ksat/-c170.html>)
21. Xem ở trên (Luật tài nguyên nước, Số 15/2012/L-CTN)
22. Nghị định quy định việc hạn chế khai thác nước dưới đất (167/2018/NĐ-CP), có hiệu lực từ ngày 10.02.2019, Điều 4
23. Quyết định số 15/2008/QĐ-BTNMT, Điều 6d
24. Quyết định số 26/2017/QĐ-TTg ngày 03.07.2017 (<http://phongchongthientai.vn/he-thong/vu-ksat/-c170.html>)
25. Luật thủy lợi (Luật số 08/2017/QH14), (<https://vanbanphapluat.co/law-08-2017-qh14-on-irrigation>)
26. Luật thủy lợi (Luật số 08/2017/QH14), Điều 13b
27. Luật khí tượng thủy văn (Số 90/2015/QH139), ([https://www.economica.vn/Content/files/LAW%20%26%20REG/90\\_2015\\_QH13%20Law%20on%20hydrometeorology.pdf](https://www.economica.vn/Content/files/LAW%20%26%20REG/90_2015_QH13%20Law%20on%20hydrometeorology.pdf)), Nghị định quy định chi tiết một số điều của luật khí tượng thủy văn (Số 38/2016/ND-CP) (<https://vanbanphapluat.co/decree-38-2016-nd-cp-detailing-a-number-of-articles-law-hydro-meteorology>)
28. Luật xây dựng (số 50/2014/QH13), (<https://hcmiu.edu.vn/wp-content/uploads/2017/09/E38.QH13-Luat-Xay-dung.pdf>)
29. Nghị định về thoát nước và xử lý nước thải (số 80/2014/ND-CP), ([https://binhdinh.eregulations.org/media/80\\_2014\\_ND-CP\\_248127.pdf](https://binhdinh.eregulations.org/media/80_2014_ND-CP_248127.pdf))
30. Luật quy hoạch đô thị (Số 32/2009/QH12), ([https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/law\\_on\\_urban\\_planning\\_1257039011934.pdf](https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/law_on_urban_planning_1257039011934.pdf))

31. Luật quy hoạch đô thị (Số 32/2009/QH12), Điều 37, Đoạn 2.
32. Luật điều chỉnh sửa đổi một số điều về quy hoạch của 37 luật (Luật số 35/2018/QH14); (<http://vbpl.vn/TW/Pages/vbpg-van-ban-goc.aspx?ItemID=132982>)
33. Các tổ chức tham gia: Tổng cục tài nguyên nước thuộc Bộ NNPTNT, Viện nghiên cứu tài nguyên nước miền Nam, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Phòng Điều tra và Quy hoạch tài nguyên nước miền Nam Việt Nam.
34. Karlsrud et al Sụt lún đất tại tỉnh Cà Mau, Việt Nam, Kết quả từ Giai đoạn 2 – Dự án quan trắc thí điểm, Bài trình bày tại Cà Mau ngày 17.11.2017
35. Karlsrud, 2017 (trích dẫn ở trên)
36. Karlsrud, et al.: Sụt lún và mất đất tại tỉnh Cà Mau – Việt Nam, trích từ Báo cáo Kỹ thuật địa chất 48(1) · Tháng 3 năm 2017 ([https://www.researchgate.net/publication/314186134\\_Subsidence\\_and\\_Shoreline\\_Retreat\\_in\\_the\\_Ca\\_Mau\\_Province\\_-\\_Vietnam\\_Causes\\_Consequences\\_and\\_Mitigation\\_Options](https://www.researchgate.net/publication/314186134_Subsidence_and_Shoreline_Retreat_in_the_Ca_Mau_Province_-_Vietnam_Causes_Consequences_and_Mitigation_Options))
37. <https://www.quora.com/Why-does-GNSS-GPS-have-lower-accuracy-for-its-vertical-component-than-its-horizontal-component>
38. EMSN062, và các phiên bản trước: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN057>
39. Data from <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN057>
40. Dữ liệu từ <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN057>
41. Lựa chọn từ internet:  
<https://www.deltares.nl/en/projects/land-subsidence-research-project-in-the-mekong-delta-vietnam/>  
[https://www.researchgate.net/publication/264828295\\_Groundwater\\_extraction\\_land\\_subsidence\\_and\\_sea-level\\_rise\\_in\\_the\\_Mekong\\_Delta\\_Vietnam](https://www.researchgate.net/publication/264828295_Groundwater_extraction_land_subsidence_and_sea-level_rise_in_the_Mekong_Delta_Vietnam)  
<https://www.mekongdeltaplan.com/storage/files/files/minderhoud-et-al-2018-stoten-landuse-subsidence-mkd.pdf?1>  
<https://www.uu.nl/en/news/land-subsidence-threatens-to-submerge-the-mekong-delta>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6192430/>
42. Minderhoud, et al.: Tác động sụt lún sau 25 năm khai thác nước ngầm tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, trích từ: Tài liệu nghiên cứu môi trường, 12(6), Tháng 6 năm 2017 ([https://www.researchgate.net/publication/317271414\\_Impacts\\_of\\_25\\_years\\_of\\_groundwater\\_extraction\\_on\\_subsidence\\_in\\_the\\_Mekong\\_delta\\_Vietnam](https://www.researchgate.net/publication/317271414_Impacts_of_25_years_of_groundwater_extraction_on_subsidence_in_the_Mekong_delta_Vietnam))
43. Tốc độ này được tính toán từ dữ liệu InSAR (2014-2019). Dữ liệu điểm được nội suy tới một lưới và tốc độ dịch chuyển thẳng đứng trung bình năm của lưới là -1.2cm.
44. Trịnh Công Vấn: Nhận diện những tác động của quá trình nước biển dâng đối với đồng bằng sông Cửu Long và định hướng những hành động thích ứng ([http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/13/Science/TCVanEwv09\\_160509/identification%20sea%20level%20rise%20impacts%20on%20MK%20delta\\_5april.pdf](http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/13/Science/TCVanEwv09_160509/identification%20sea%20level%20rise%20impacts%20on%20MK%20delta_5april.pdf)), không có thời gian)
45. Ví dụ: Vu, D.T. et al.: Đánh giá tác động của nước biển dâng do biến đổi khí hậu lên tình trạng ngập mặn tại đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, nguồn: Công nghệ khoa học nước (2018) 77 (6): 1632-1639(<https://iwaponline.com/wst/article/77/6/1632/41155/Assessing-the-impact-of-sea-level-rise-due-to>)

46. Hoàn thiện DEM lưu vực sông Mekong (từ Ủy ban sông Mekong, độ phân giải ngang 50 m); DEM hạ lưu sông Mekong (từ Ủy ban sông Mekong, độ phân giải ngang 50m ); DEM địa hình đồng bằng sông Mekong, từ Ủy ban sông Mekong, độ phân giải ngang 500 m (<https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.902136>); MERIT DEM, 92 m horiz. Res. ([http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT\\_DEM/](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_DEM/)); SRTM, độ phân giải ngang 31 m ([https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/)); ASTER GDEM, độ phân giải ngang 31 m (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>); ALOS DEM, độ phân giải ngang 31 m (<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm>); TandemX WorldDEM, độ phân giải ngang 92 m (<https://geoservice.dlr.de/web/dataguide/dtm90>); LIDAR, độ phân giải ngang 5 m, Nguồn: Chính phủ Việt Nam (chưa được xác nhận)
47. Minderhoud et al.: Mô hình cao độ số của đồng bằng sông Cửu Long dựa trên điểm cao độ từ bản đồ địa hình quốc gia, 2019 (<https://doi.org/10.1594/PANGAEA.902136>). Mô hình này có vẻ quá thấp so với cao độ được biết đến tại Cà Mau. Cao độ mặt đất trung bình năm 2010 vào khoảng 1.2 m trong khi đó DEM của Minderhoud có giá trị khoảng 45 cm. Mức chênh lệch là 75 cm và đã được cộng vào DEM để đạt cao độ thống nhất tại khu vực đồng bằng. Kiểm tra chéo tại một số khu vực khác (VD: Long Xuyên) cho thấy DEM sau điều chỉnh thấp hơn dữ liệu tại địa phương (~2.5 m đến 3.5 m).
48. GIZ đã mua bảng dữ liệu các địa điểm có sử dụng điểm tham khảo và chọn dữ liệu cao độ năm 2014 từ một bảng (nguồn: Chính phủ Việt Nam, cần xác nhận)
49. Ha Minh Hoa: Xây dựng mô hình quasi-geoid quốc gia ban đầu VIGAC2017, bước đầu tiên trong hệ thống tham chiếu không gian quốc gia tại Việt Nam, trích từ: Tạp chí khoa học trái đất Việt Nam 39(2), 155-166, 2017
50. Dữ liệu dựa trên khảo sát của GIZ thực hiện bởi Công ty Tư vấn EPTISA năm 2018.
51. Vũng Tàu (1978 – 2014): 3.19; Côn Đảo (1986 – 2014): 4.79; Thổ Chu (1995 – 2014): 5.28; Phú Quốc (1986 – 2014): 3.40, tất cả các số liệu tính theo mm trên năm. Nguồn: Bộ TN-MT: Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, 2016, trang 36
52. Các ví dụ: Vu, D.T., 2018 (xem ở trên),  
<https://www.voanews.com/east-asia-pacific/huge-land-loss-predicted-vietnams-mekong-delta>;  
<http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/Enhancement-of-Basin-wide-Flood-Analysis-27June19.pdf>
53. Viet Dung Nguyen, et al: Xâm nhập mặn tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long – Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu, xây dựng đập và nước biển dâng, trích từ: Tóm tắt nghiên cứu địa vật lý, Tập 21, EGU2019-7175, 2019 (<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2019/EGU2019-7175.pdf>); Sebastian, L.S. et al.: Hạn hán và xâm nhập mặn tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, 2016 ([https://www.researchgate.net/publication/309481170\\_The\\_drought\\_and\\_salinity\\_intrusion\\_in\\_the\\_Mekong\\_River\\_Delta\\_of\\_Vietnam\\_-\\_Assessment\\_report](https://www.researchgate.net/publication/309481170_The_drought_and_salinity_intrusion_in_the_Mekong_River_Delta_of_Vietnam_-_Assessment_report)); Bộ NN-PTNT, Báo cáo đánh giá môi trường khu vực cho đồng bằng sông Cửu Long lồng ghép trong Dự án thích ứng với biến đổi khí hậu và đảm bảo sinh kế bền vững, 2016 (<http://documents.worldbank.org/curated/en/855731468312052747/pdf/SFG1760-REVISED-EA-P153544-Box396254B-PUBLIC-Disclosed-5-16-2016.pdf>)
54. Yamashita, A.: Ngập lụt tại Đồng Bằng Sông Cửu Long (<https://sites.google.com/site/namkyluctinhorg/tac-gia-tac-pham/a-b-c-d/akira-yamashita/flood-in-the-mekong-delta>)
55. Zoccarato, et al.: Vai trò của trầm tích và nén tự nhiên tại khu vực đồng bằng đang

- chuyển động: tìm hiểu về đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam; trích từ: Báo cáo khoa học 8(1), 2018 (<https://www.nature.com/articles/s41598-018-29734-7>); Piman et al.: Nghiên cứu điển hình về trầm tích tại Lưu vực sông Mekong: Hiện trạng và xu thế trong tương lai, nguồn: Học viện môi trường Stockholm, 2017 ([https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/Bangkok/SEI\\_2017\\_Report\\_Mekong\\_sediment\\_LoRes.pdf](https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/Bangkok/SEI_2017_Report_Mekong_sediment_LoRes.pdf))
56. Piman (xem ở trên), dữ liệu cho Pakse (Lào) và Kratie (Campuchia)
  57. Nguyen Van Manh et al.: Sự dịch chuyển của trầm tích trong tương lai tại đồng bằng sông Mekong: Tác động của phát triển thủy điện, biến đổi khí hậu và nước biển dâng, 2015 (<https://www.semanticscholar.org/paper/Future-sediment-dynamics-in-the-Mekong-Delta-of-and-Manh-D%C5%A9ng/1015fd84972526bb8c9fa1db73961e5238aea2e6>)
  58. Piman (xem ở trên)
  59. Bộ TN-MT: Cách thức để giải quyết sự tổn thất trầm tích tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, 2015 (<http://www.monre.gov.vn/English/Pages/How-to-deal-with-sediment-loss-in-Mekong-Delta.aspx>)
  60. South China Morning Post: Cách thức mà trầm tích / cát chìm dọc sông Mekong đang khiến cư dân Việt Nam mất nhà cửa, 04.01.2019 (<https://www.scmp.com/news/asia/southeast-asia/article/2181929/tibet-nine-dragons-vietnams-mekong-delta-losing-sand>)
  61. Maizura Ismail: Đáp ứng nhu cầu cát cho Singapore, 26.11.2018 (<https://theaseanpost.com/article/feeding-singapores-hunger-sand>)
  62. <https://reliefweb.int/report/viet-nam/mekong-delta-conference-ousmane-dione-world-bank-country-director-vietnam>
  63. Deltares: Các thành phố đang chìm dần, 2015 (<https://www.deltares.nl/app/uploads/2015/09/Sinking-cities.pdf>)
  64. Vermeulen, et al.: Lập mô hình nước ngầm cho đồng bằng sông Cửu Long sử dụng iMOD, 2013 (<https://www.mssanz.org.au/modsim2013/L4/vermeulen.pdf>); Erban: Khai thác nước ngầm, sụt lún đất nền, và nước biển dâng tại đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, nguồn: Environ. Res. Lett. 9, 2014 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/8/084010/pdf>); Minderhoud, 2017 (xem ở trên)
  65. Minderhoud: Đồng bằng rộng lớn đang chìm, 2019 (<https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/375843>); Vermeulen, 2013 (xem ở trên)
  66. Minderhoud, 2019 (xem ở trên), p. 129/139
  67. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/07/11/vietnam-world-bank-sign-560-million-to-support-mekong-delta-urban-development-and-climate-resilience>
  68. Erkens: Giải quyết vấn đề sụt lún tại các đồng bằng (<http://www.landgovernance.org/assets/Gilles-Erkens.pdf>), ([https://en.wikipedia.org/wiki/Effects\\_of\\_Hurricane\\_Katrina\\_in\\_New\\_Orleans](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_Hurricane_Katrina_in_New_Orleans))
  69. Esteban: ...Ví dụ về thích ứng với nước biển dâng tại các cảng của Nhật Bản và Indonesia, 2017 ([https://unctad.org/meetings/en/Presentation/MEsteban\\_UOT\\_BBWorkshop\\_p09\\_en.pdf](https://unctad.org/meetings/en/Presentation/MEsteban_UOT_BBWorkshop_p09_en.pdf))
  70. Nguyễn Thanh Bình: Tác động và thích ứng với xâm nhập mặn tại đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, 2015 (<http://hss.ulb.uni-bonn.de/2015/3924/3924.pdf>)





## Thông tin nhà xuất bản

### **Xuất bản bởi**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

### **Trụ sở đăng ký**

Bonn và Eschborn, Đức

### **Chương trình Thoát nước và Chống ngập Đô thị ĐBSCL Ứng phó với Biến đổi khí hậu**

37 Lê Đại Hành  
Hà Nội, Việt Nam

### **Xuất bản**

Tháng 11 - 2019

### **Chịu trách nhiệm**

TS. Tim McGrath

### **Tác giả**

Olaf Neussner

Với sự hỗ trợ của Nguyễn Thị Như Mai, GIZ cùng Andreas Renck, Viện Khoa học Địa chất và Tài nguyên Liên bang Đức (BGR)

### **Thiết kế và In ấn**

Golden Sky

### **Hình ảnh**

Nguồn ảnh do Olaf Neussner, GIZ cung cấp, trừ phi có chú thích nào khác.

### **Tài trợ bởi**

Cục Kinh tế Liên bang Thụy Sĩ (SECO)  
Bộ Hợp tác Kinh tế và Phát triển Liên bang Đức (BMZ)

### **Ghi chú**

Báo cáo này trình bày kết quả của một nghiên cứu khoa học gần đây do các chuyên gia của GIZ và BGR phối hợp với các đối tác thực hiện và là tài liệu phát tại Hội thảo “Sụt lún đất tại Đồng bằng sông Cửu Long” do GIZ và Bộ Xây dựng tổ chức. Những phát hiện, diễn giải và kết luận nêu trong báo cáo không thể hiện quan điểm của GIZ hay của Bộ Xây dựng. Các dữ liệu đưa ra chỉ nhằm mục đích tham khảo.

GIZ chịu trách nhiệm về nội dung ấn phẩm này.