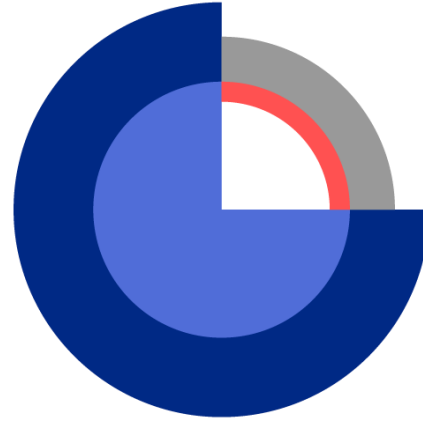




G E U S

Sàng lọc địa chất cho phát triển điện gió ngoài khơi trong vùng biển Đan Mạch

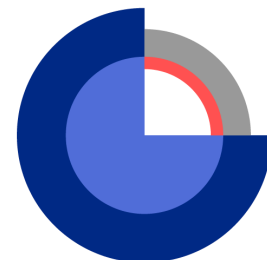
Thomas Vangkilde-Pedersen

Cục Khảo sát Địa chất Quốc gia Đan Mạch và Greenland,

Phòng Địa chất Biển và Đất gần bề mặt - SURFACE



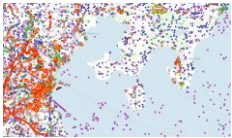
Việt Nam, tháng 11/2025



G E U S

GEUS là kho lưu trữ lịch sử địa chất của Đan Mạch và Greenland

GEUS cung cấp bản đồ địa chất, mô hình địa chất 3D và quản lý cơ sở dữ liệu địa chất quốc gia:



Cơ sở dữ liệu lỗ khoan Jupiter



Cơ sở dữ liệu địa vật lý nông Gerda



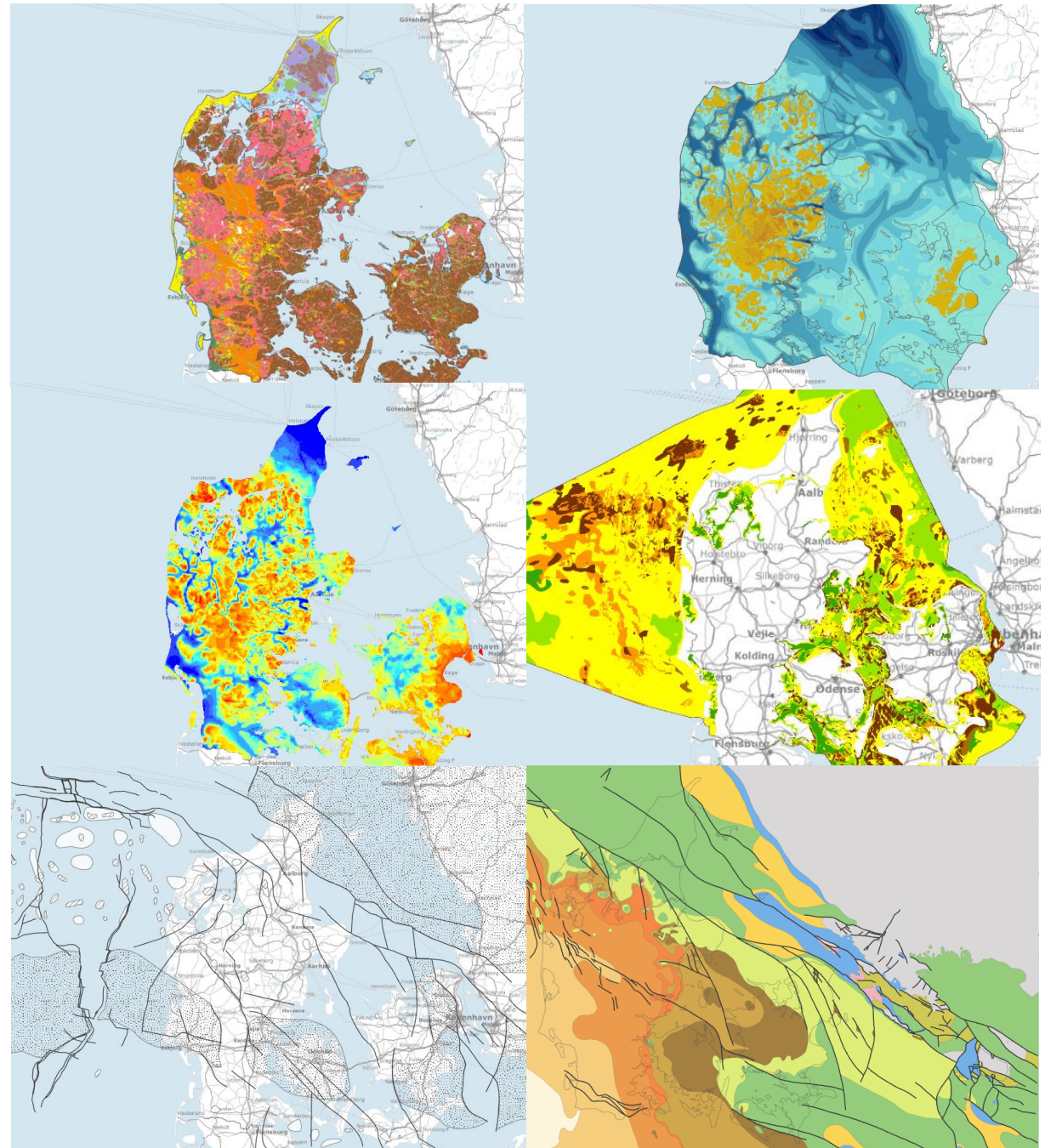
Cơ sở dữ liệu nguyên vật liệu biển Marta



Cơ sở dữ liệu sâu dưới lòng đất của Đan Mạch

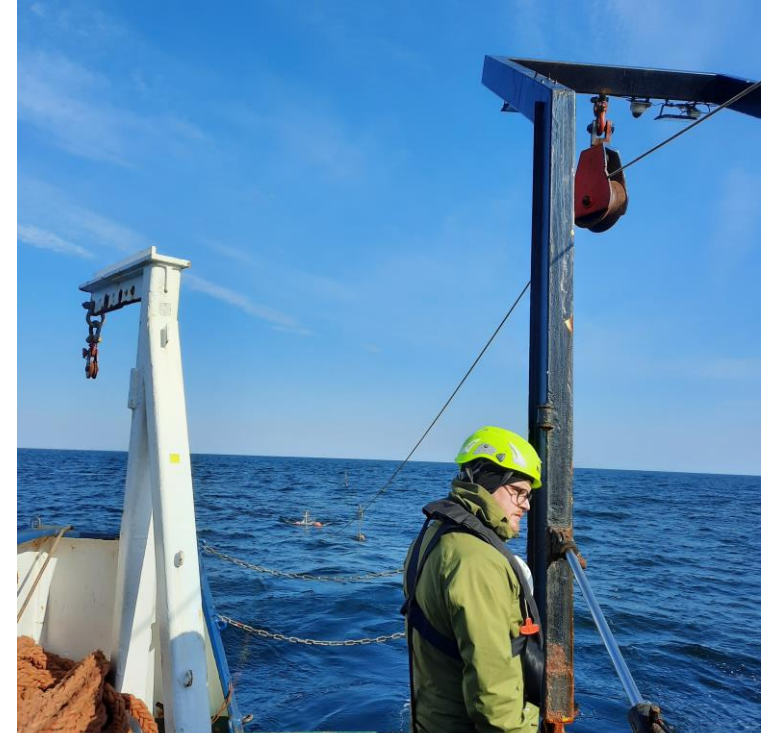


Cơ sở dữ liệu dưới lòng đất Greenland



Hoạt động của GEUS trong các dự án điện gió ngoài khơi

- Chúng tôi thực hiện khảo sát địa vật lý về địa chất đáy biển và lập bản đồ môi trường và môi trường sống dưới đáy biển
- Chúng tôi thực hiện các chương trình sàng lọc và lập bản đồ địa chất tổng thể quy mô lớn
- Chúng tôi thực hiện nghiên cứu tài liệu địa chất về các địa điểm trang trại điện gió ngoài khơi được quy hoạch
- Các nghiên cứu tài liệu được sử dụng hiệu quả làm khung địa chất cho các cuộc điều tra và khảo sát địa điểm chi tiết tiếp theo



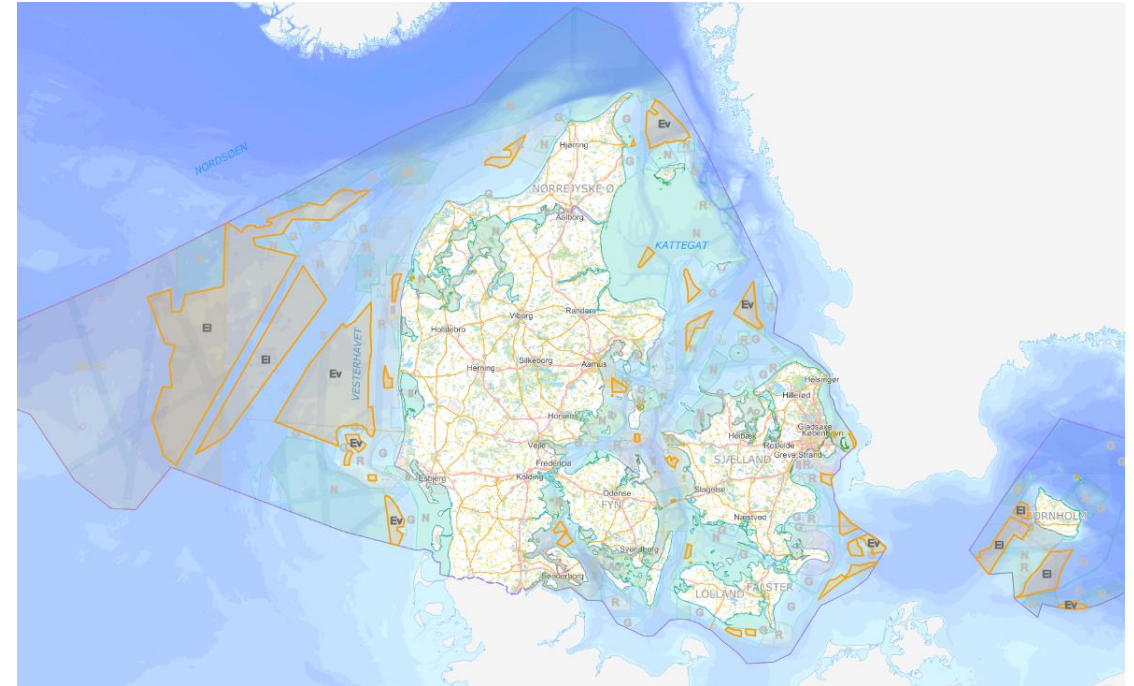
Đan Mạch có kế hoạch mở rộng quy mô lớn điện gió ngoài khơi

Công suất điện gió ngoài khơi hiện tại là 2,3 GW

Đã quyết định và đấu thầu 1,35 GW



Nguồn: Cục Năng lượng Đan Mạch



Quy hoạch không gian biển của Đan Mạch – các khu vực năng lượng tái tạo ngoài khơi

Nguồn: Cục Hàng hải Đan Mạch

Kế hoạch tăng thêm 9 GW vào năm 2030

Đến năm 2030 sẽ có khoảng 12,5 GW điện gió ngoài khơi

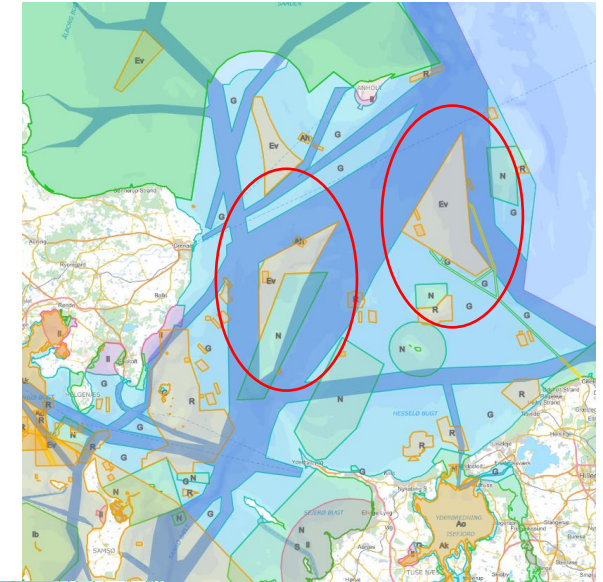
Mở rộng quy mô lớn và quy hoạch không gian

Quy hoạch phát triển điện gió ngoài khơi – và đảm bảo phù hợp với tất cả các lợi ích không gian khác – luôn là thách thức

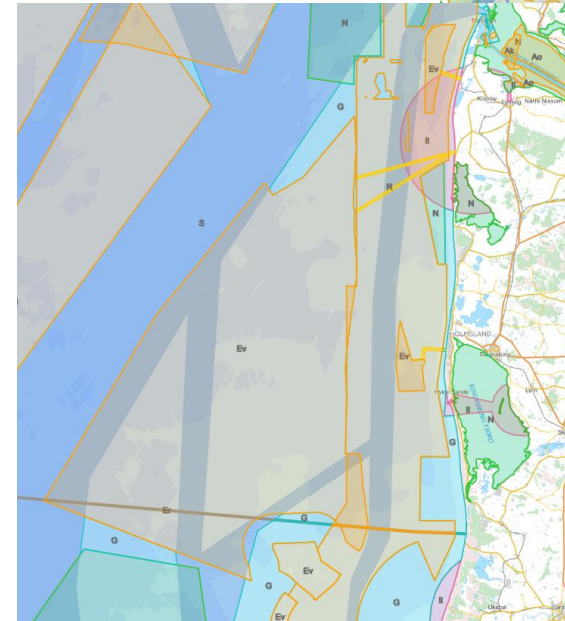
Phát triển điện gió ngoài khơi quy mô lớn làm tăng thách thức gấp nhiều lần

- An toàn và tiếp cận hàng hải
- Quốc phòng – khu vực tập trận quân sự và vùng phủ sóng radar
- Thiên nhiên và môi trường
- Đánh bắt cá thương mại
- Khai thác nguyên vật liệu thô
- Cáp và đường ống

..... và địa chất!



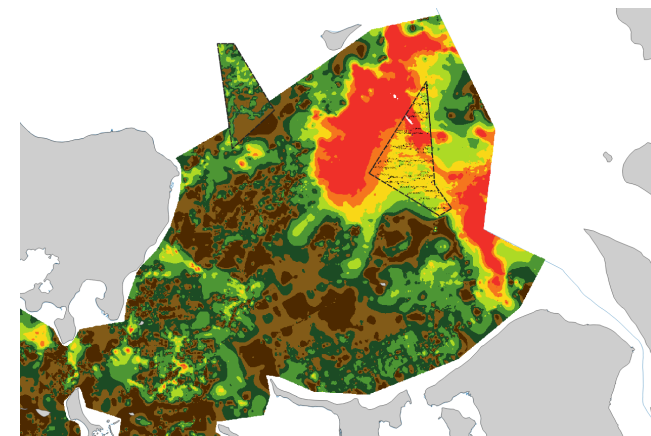
Nguồn: Cục Hàng hải Đan Mạch



Mở rộng quy mô lớn từ góc độ địa chất

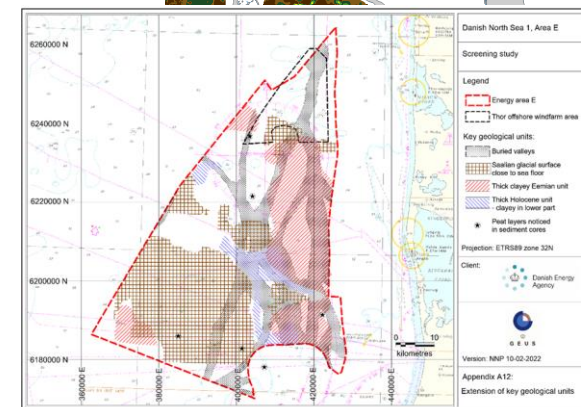
Sàng lọc địa chất tổng thể để tránh lựa chọn các khu vực trang trại điện gió có địa chất không phù hợp

- Bước quan trọng trong quy hoạch không gian biển
- Cần triển khai từ sớm
- Một số ví dụ trước đây về vị trí chưa phù hợp



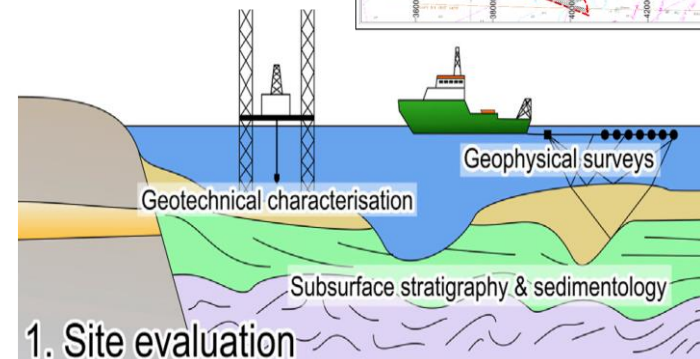
Nghiên cứu tài liệu địa chất chi tiết được thực hiện sớm trong giai đoạn lập kế hoạch

- Dựa trên dữ liệu hiện có
- Không tốn kém nhưng rất hiệu quả
- Sử dụng khung địa chất từ sàng lọc tổng thể



Khảo sát địa điểm chi tiết trước khi đấu thầu

- Tốn kém nhưng quan trọng
- Sử dụng khung địa chất từ sàng lọc tổng thể
- Sử dụng kết quả nghiên cứu tài liệu địa chất
- Bước quan trọng để các đơn vị phát triển dự án nắm được mức độ phức tạp của địa chất
- Bước quan trọng để các đơn vị phát triển dự án nắm được khả năng dự đoán của địa chất



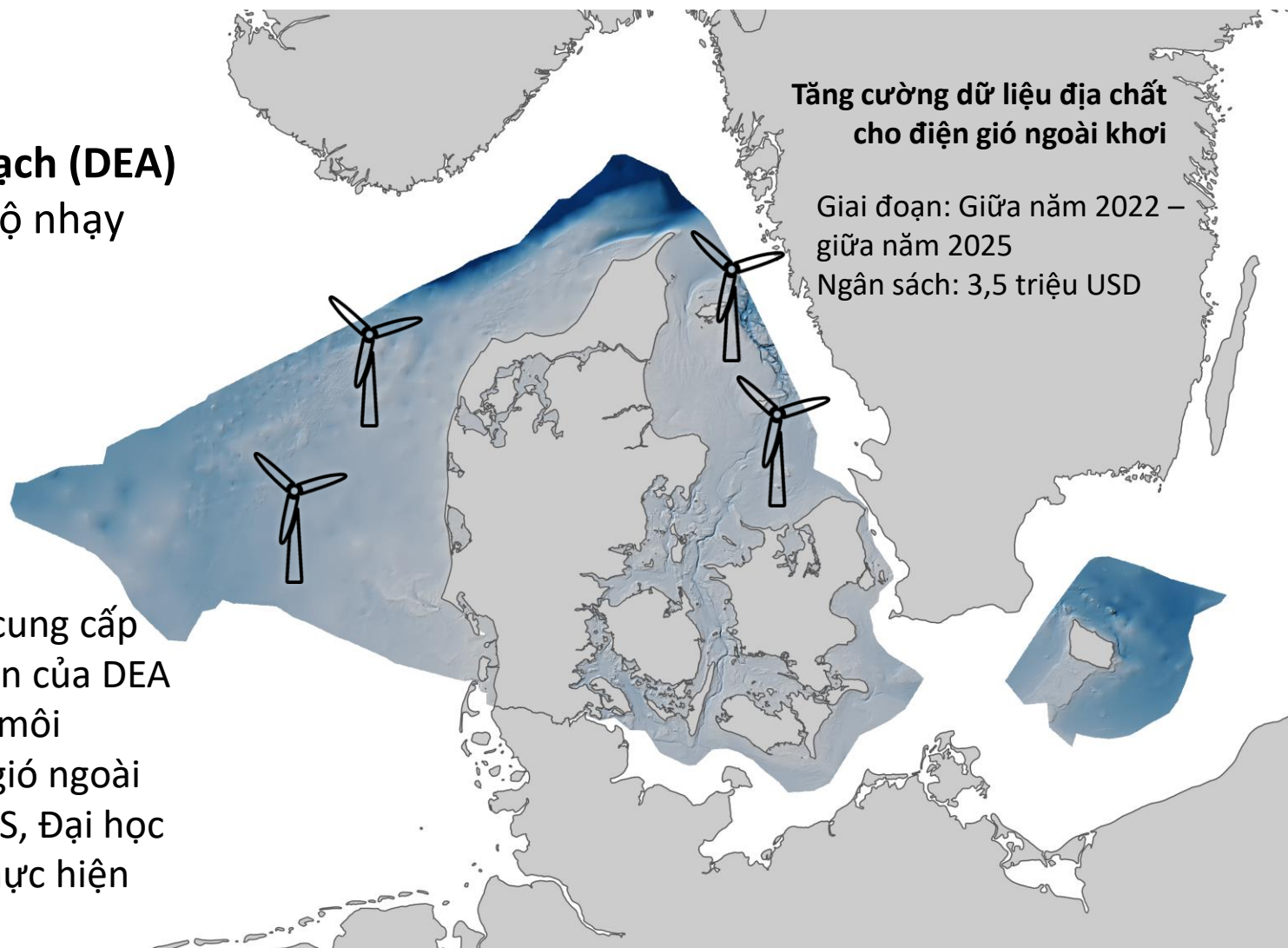
Velenturf và cộng sự, 2021: Các giải pháp khoa học địa chất để phát triển điện gió ngoài khơi bền vững. Hiệp hội địa chất London.

Sàng lọc địa chất cho các trang trại điện gió ngoài khơi

Cục Năng lượng Đan Mạch (DEA)

Sàng lọc và lập bản đồ độ nhạy

Bản đồ địa chất của GEUS cung cấp thông tin đầu vào cho dự án của DEA về “Sàng lọc và lập bản đồ môi trường về tiềm năng điện gió ngoài khơi ở Đan Mạch” do NIRAS, Đại học Aarhus DCE và DTU Vind thực hiện



Thomas Vangkilde-Pedersen, Niels Nørgaard-Pedersen, Nicklas Christensen, Lara F. Perez, Lis Allaart, Jørgen Overgaard Leth, Luna Holland Winther, Sunny Singhroha, Rasmus Ørnekol Stenshøj, Ole Bennike, Henrik Jønsson Granat, Lars-Georg Rödel, Sigurd Bøgelund Andersen, Lisbeth Lyngkjær Pedersen, Lars Øbro Hansen, Mikkel Skovgaard Andersen, Katrine Elnegaard Hansen, Jørn Bo Jensen

Cục Khảo sát Địa chất quốc gia Đan Mạch và Greenland, Phòng Địa chất Biển và Đất gần bề mặt - SURFACE

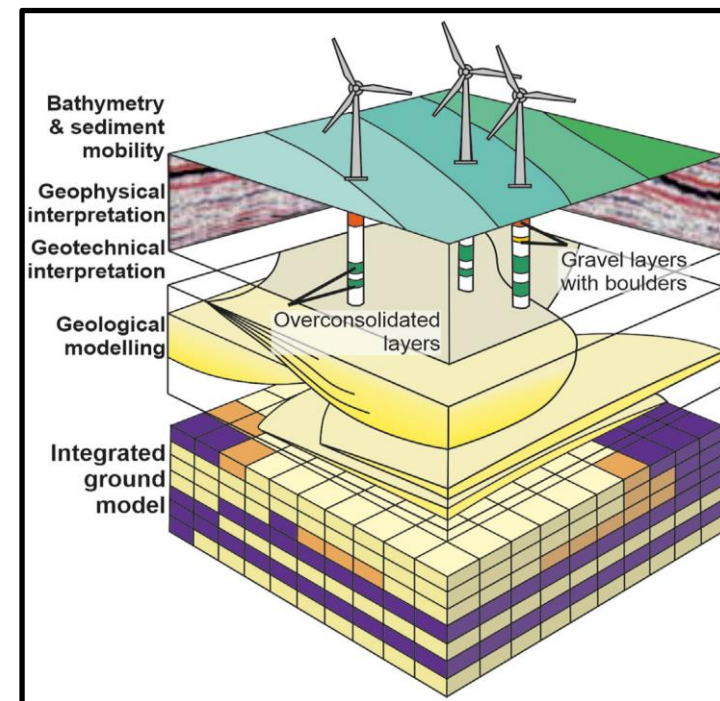
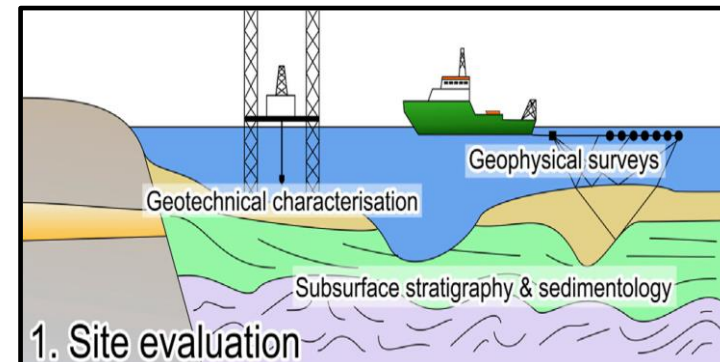
Mục tiêu chung và mục tiêu cụ thể

Địa chất và độ sâu của đáy biển là những yếu tố quan trọng nhất quyết định tổng chi phí xây dựng các trang trại điện gió ngoài khơi

Mục tiêu chung của dự án là lập bản đồ các đơn vị địa chất có khả năng tác động đến việc xây dựng các trang trại điện gió ngoài khơi nhằm xác định các khu vực phù hợp/không phù hợp về mặt địa chất.

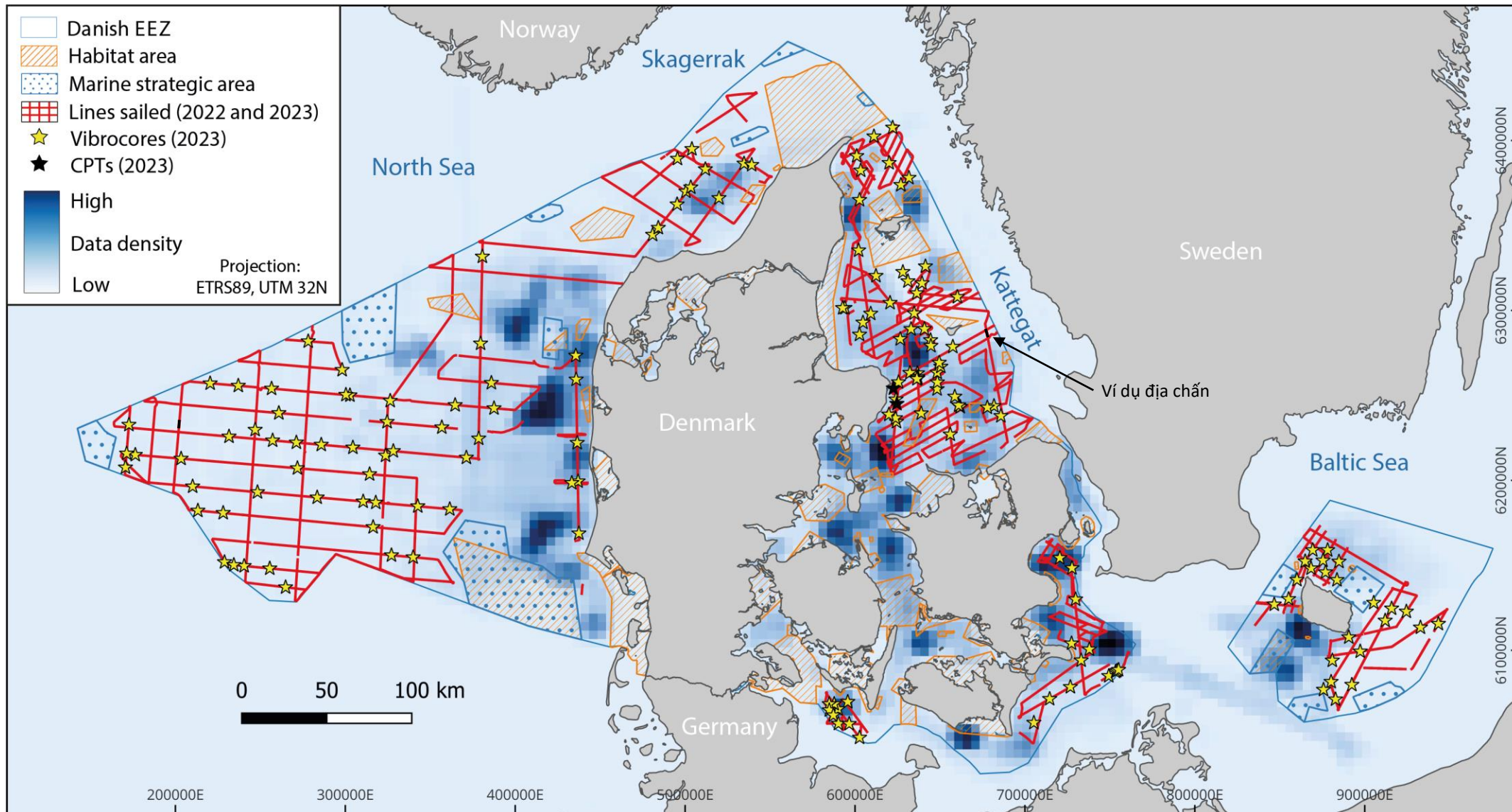
Mục tiêu cụ thể của dự án là:

- ✓ **Thực hiện nghiên cứu tài liệu** về dữ liệu địa chất hiện có để đánh giá nhu cầu về dữ liệu mới (và tốt hơn)
- ✓ **Thu thập dữ liệu địa chấn mới** để lập bản đồ các đơn vị địa chất có ý nghĩa địa kỹ thuật tiềm năng cho các công trình trang trại điện gió ngoài khơi
- ✓ **Mua các lỗ khoan lõi rung mới (và CPT)** để hỗ trợ đánh giá các điều kiện địa chất của dữ liệu địa chấn
- ✓ **Thiết lập các mô hình địa chất lý thuyết** dựa trên kiến thức hiện có cho các khu vực lập bản đồ khác nhau làm cơ sở cho việc sàng lọc/lập bản đồ địa chất
- ✓ **Xây dựng bản đồ đơn vị địa chất** đóng vai trò quan trọng đối với các công trình trang trại điện gió ngoài khơi
- ✓ **Xác định các khu vực phù hợp/không phù hợp về mặt địa chất**
- ✓ **Xác định các khu vực biển** có lợi ích khảo cổ học dưới nước tiềm năng

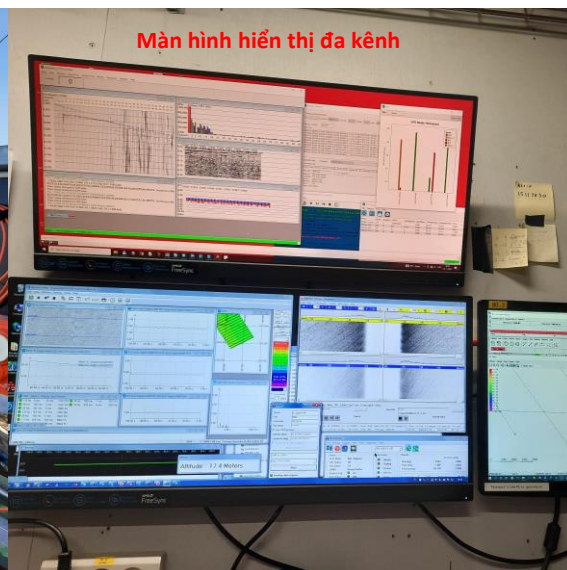


Velenturf và cộng sự, 2021: Giải pháp khoa học địa chất để phát triển điện gió ngoài khơi bền vững. Hiệp hội địa chất London.

Mật độ dữ liệu hiện có và thu thập dữ liệu mới



Địa chấn độ phân giải cực cao (UHRS) - Thiết bị



- Hệ thống địa chấn phóng điện (sparker) Geo-Source 200 ở 400 J
- Cáp thu chấn động đơn kênh Geo-Sense 8
- Cáp thu chấn động đa kênh Geo-Eel LH 16 (100 m, 96 ch. Năm 2022 / 50 m, 48 ch. 2023)
- Máy đo địa tầng đáy trung bình Innomar SES 2000
- Sonar quét bên và đa tia EdgeTech 6205
- Bộ lấy lõi rung 6 m MED-C VC(VKG)-6
- Thiết bị thử nghiệm xuyên tĩnh (CPT) GOST địa kỹ thuật



Tàu khảo sát do FOGA cung cấp

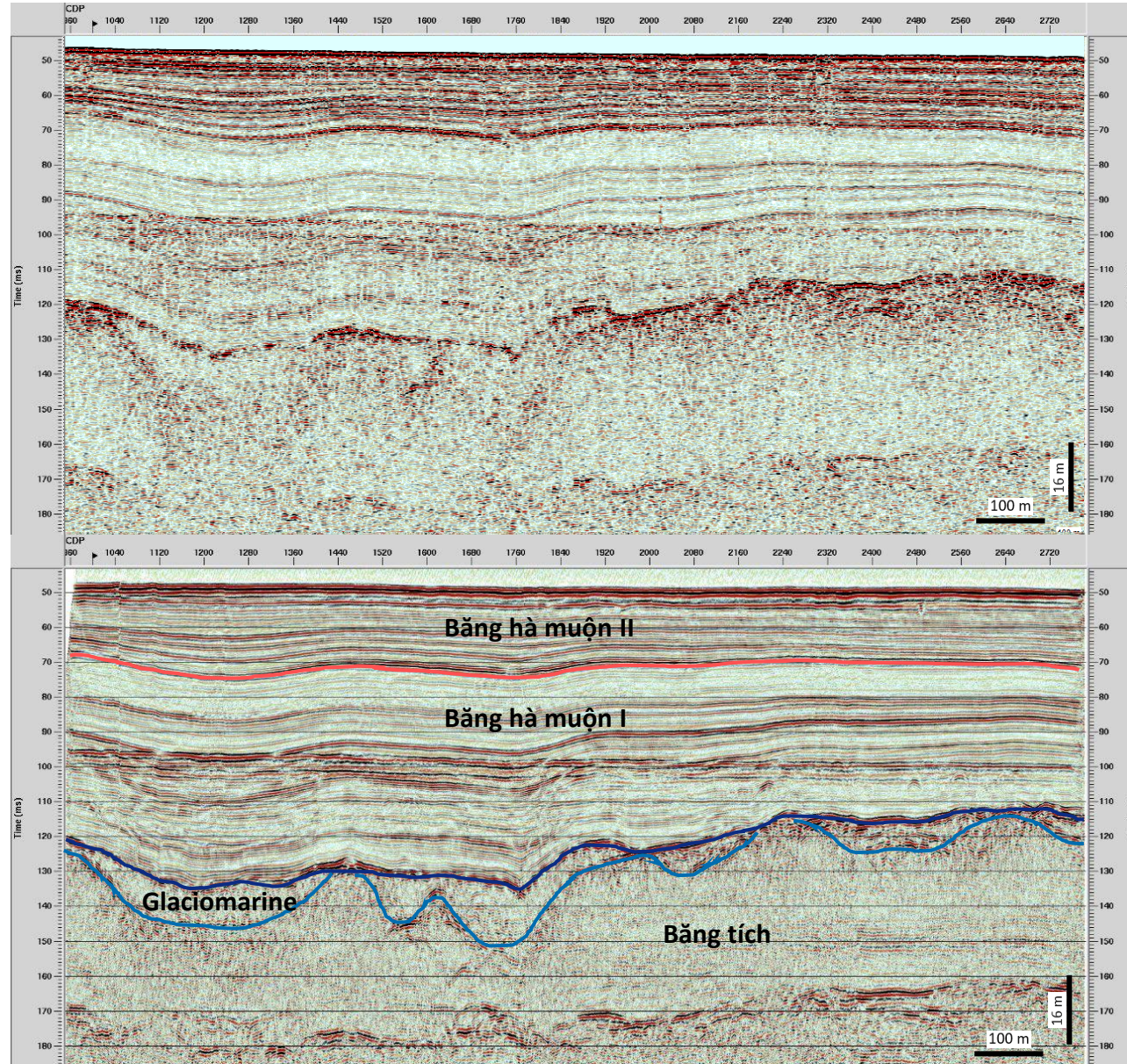
- Tần số tín hiệu 200 – 1200 Hz
- Tần số chủ yếu 600 - 700 Hz
- Độ phân giải dọc <30 cm
- Độ xuyên thấu lên tới 100 - 300 m



GEUS

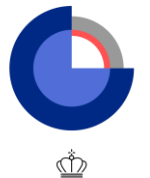
Dữ liệu địa chấn 7780 km, 168 bộ lấy lõi rung và 2 CPT

Dữ liệu địa chấn phóng điện đơn kênh và đa kênh (Kattegat)



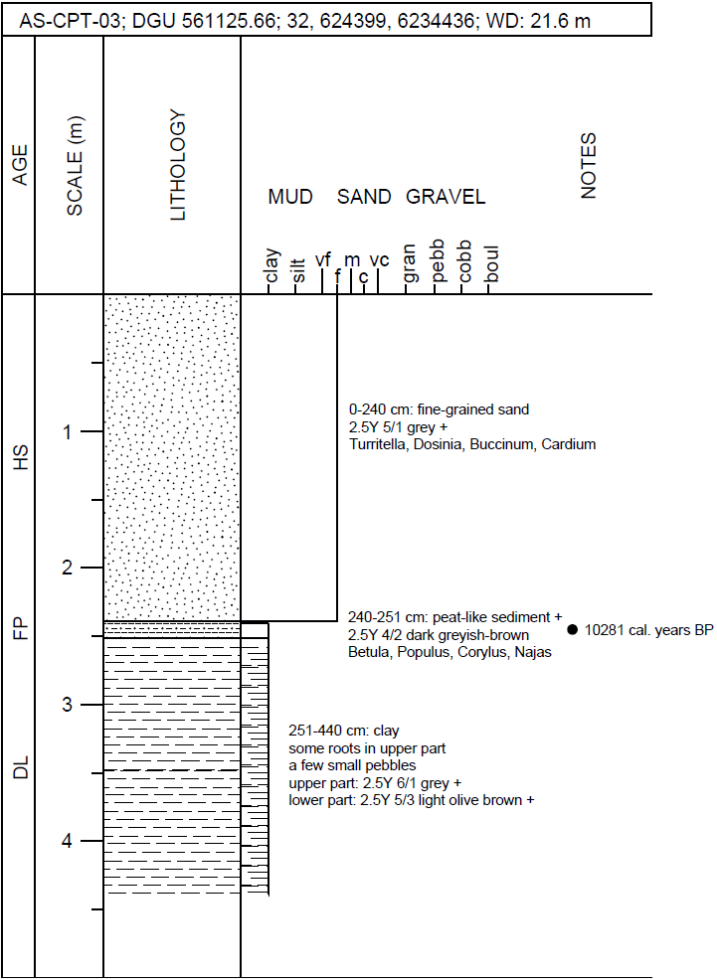
Đã xử lý dữ liệu địa
chấn phóng điện đơn
kênh

Xử lý dữ liệu địa chấn
phóng điện đa kênh kèm
kết quả phân tích, đánh
giá

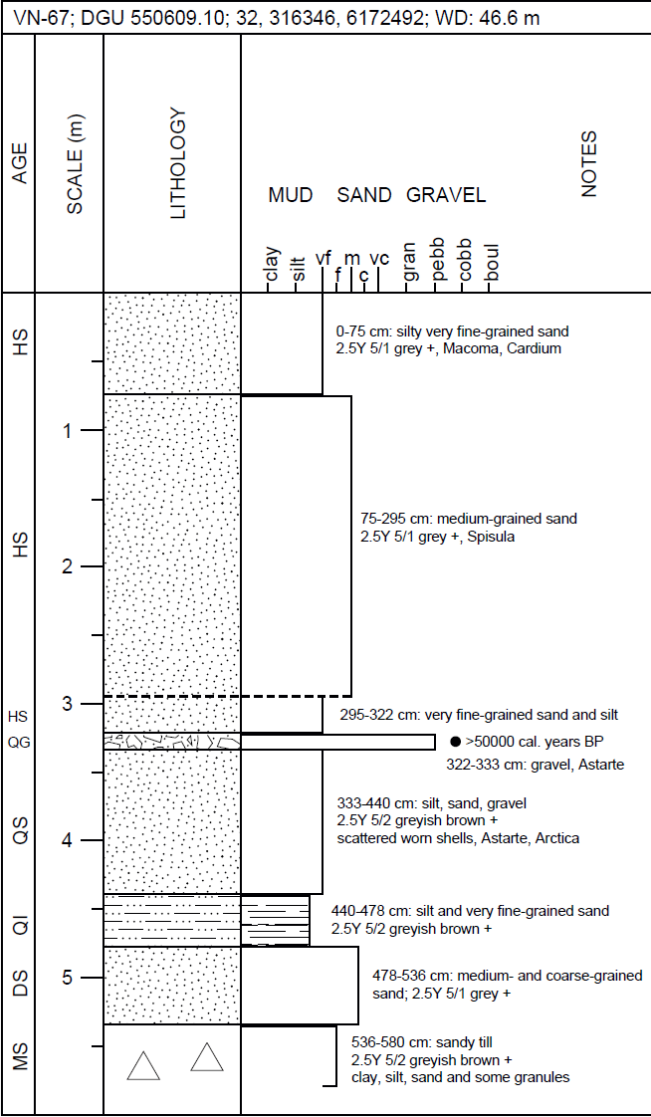


GEUS

Ví dụ về dữ liệu bộ lấy lõi rung



Kattegat



Biển Bắc



Các loại trầm tích và ý nghĩa về mặt địa kỹ thuật

Loại trầm tích	Điều kiện/thách thức địa kỹ thuật then chốt	Tính phù hợp của móng
Cát biển	Không áp dụng	Phù hợp
Đất sét biển/bùn mềm	Độ bền địa kỹ thuật thấp	Không phù hợp nếu dày
Than bùn	Độ nén cao, độ bền địa kỹ thuật thấp	Không phù hợp
Cát sông băng	Không áp dụng	Phù hợp
Đất sét hồ băng	Độ bền địa kỹ thuật thấp nếu không quá cố kết do trọng lượng của lớp băng	Không phù hợp nếu dày
Đất sét/đất bồi tích	Thường xuyên, nhưng không phải lúc nào cũng quá cố kết, có thể không đồng nhất, chứa các trầm tích thô tích tụ lại sau xói mòn, đá tảng và các phiến trầm tích cũ bị vỡ và xê dịch	Có thể gây rủi ro
Trầm tích thung lũng bị chôn vùi	Có thể không đồng nhất với cả trầm tích băng hà và không băng hà, những khác biệt đáng kể về thành phần trầm tích trên sườn địa chất và trong tầng địa chất dẫn đến những thay đổi về đặc tính địa kỹ thuật	Có thể gây rủi ro
Trầm tích biến đổi do băng hà	Các lớp thường dốc đứng và phân lớp xen kẽ nhau, có thể xuất hiện các phiến trầm tích cũ bị vỡ và xê dịch, có thể dẫn đến những thay đổi đột ngột về đặc tính địa kỹ thuật	Có thể gây rủi ro
Khí hoặc chất lỏng trong trầm tích	Có thể phun trào khi khoan lấy mẫu trầm tích và xây dựng hạ tầng, có thể gây ra hiện tượng mất dữ liệu phản xạ địa chấn, gây khó khăn cho việc phân tích các đơn vị địa chất bên dưới	Có thể gây rủi ro
Trầm tích quá cố kết	Trọng lượng của lớp băng hoặc áp suất không khí và tình trạng khô hạn có thể khiến trầm tích bị nén chặt, gây khó khăn cho hoạt động thử nghiệm và xây dựng	Có thể gây rủi ro
Nền đá nông	Thường có độ bền địa kỹ thuật cao, có nguy cơ gây rủi ro, cũng có thể bị phong hóa với cường độ thấp hơn tại lớp giao với trầm tích Đệ tứ	Có thể gây rủi ro

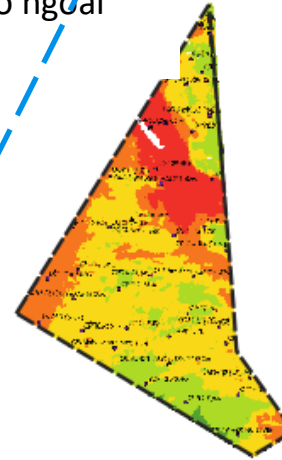
Một phần dựa trên tài liệu của Velenturf và cộng sự, 2021

Nam Kattegat

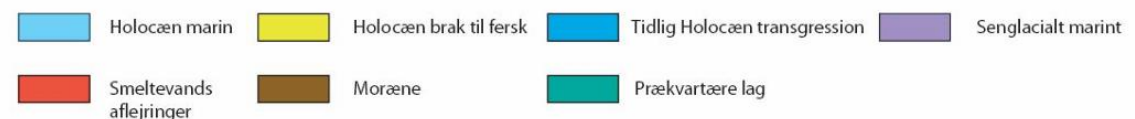
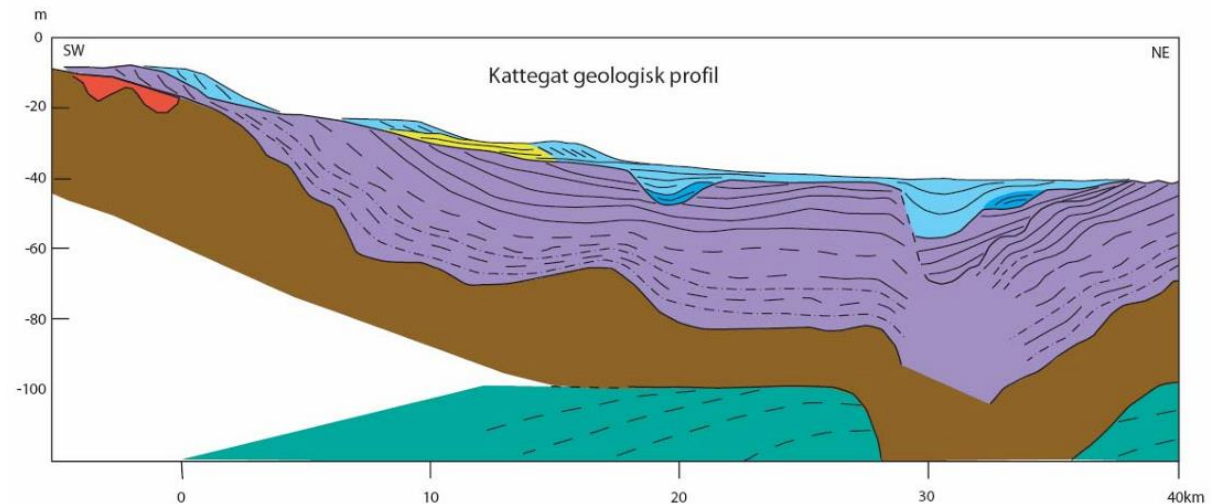
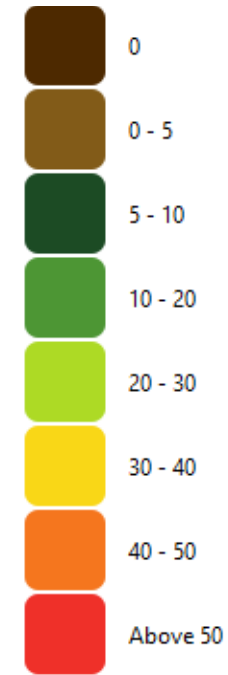


Trang trại điện gió ngoài khơi Anholt

Khu vực trang trại điện gió Hesselø trước đây



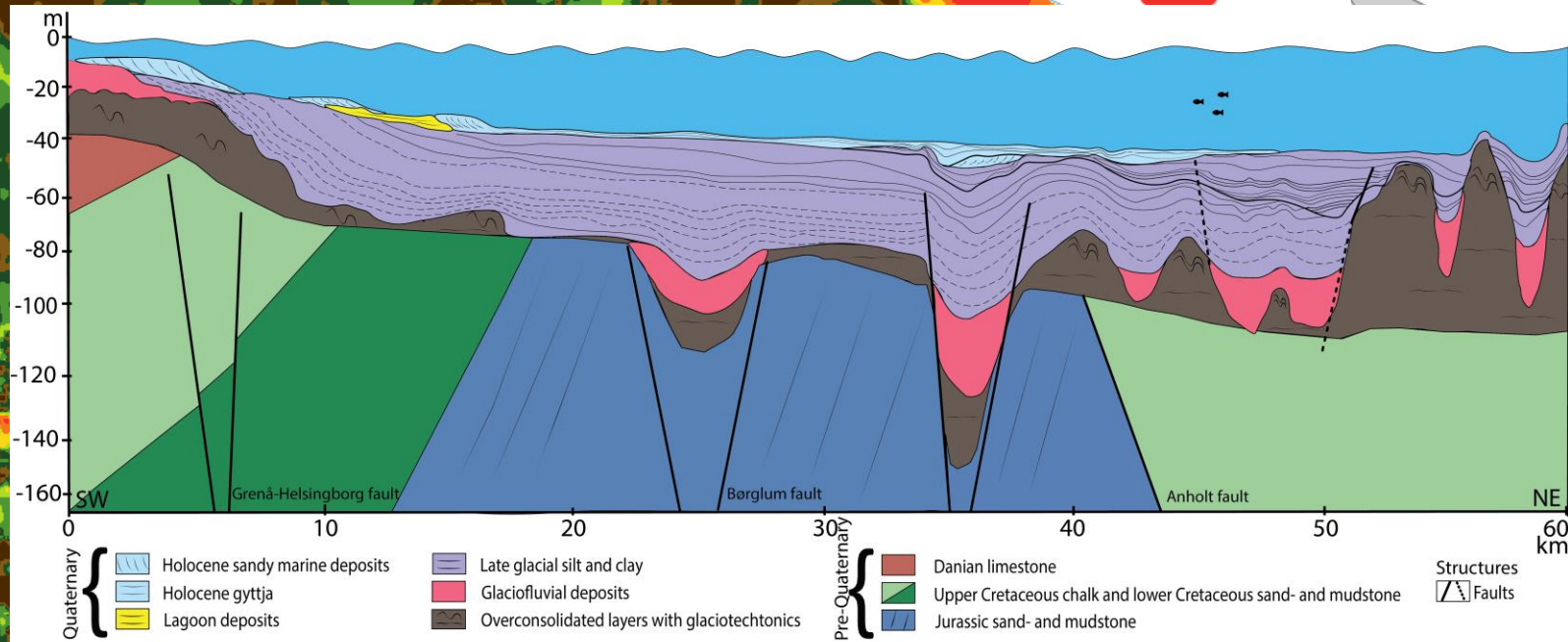
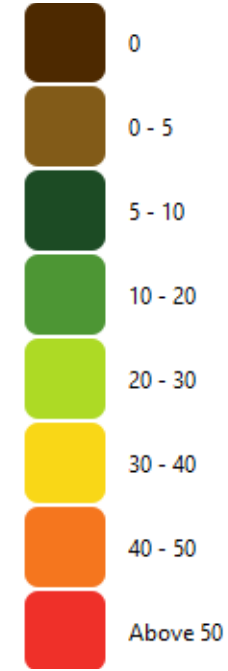
Độ dày của trầm tích mềm địa kỹ thuật tiềm năng



GEUS

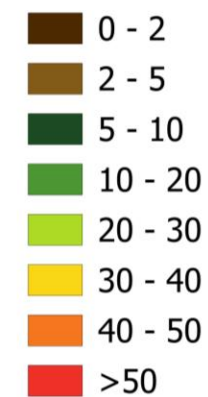
Nam Kattegat

Độ dày của trầm tích mềm địa
kỹ thuật tiềm năng

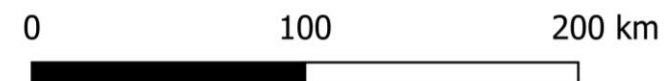
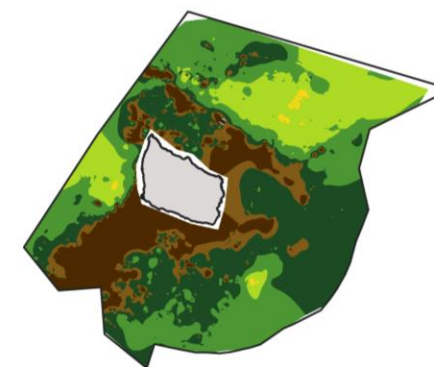
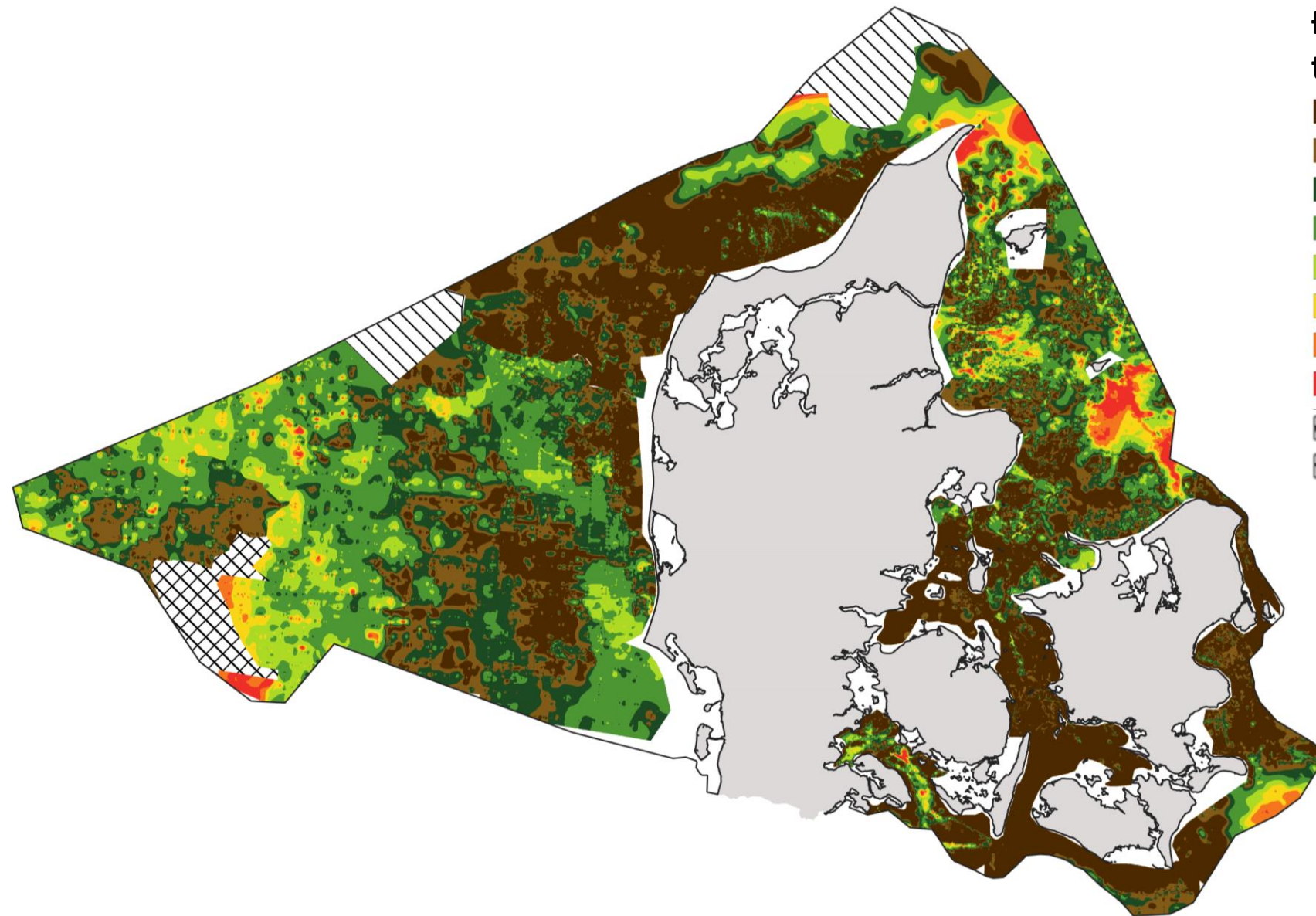


GEUS

Độ dày của trầm tích chưa cố kết thời kỳ Băng hà muộn (m)

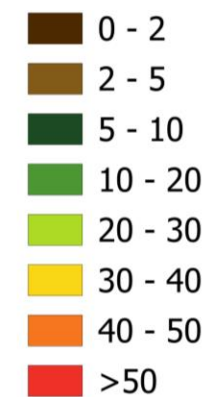


□ Có thể hơn 50 m
□ Cần thêm dữ liệu và thông tin

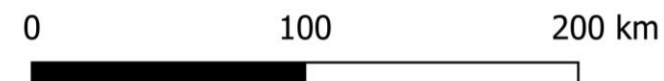
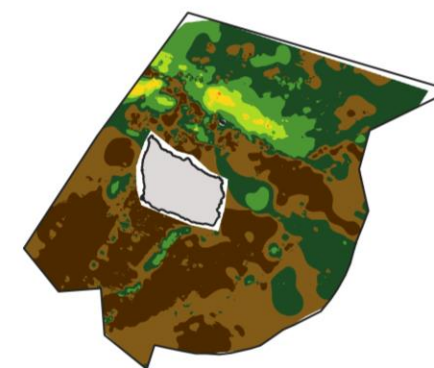
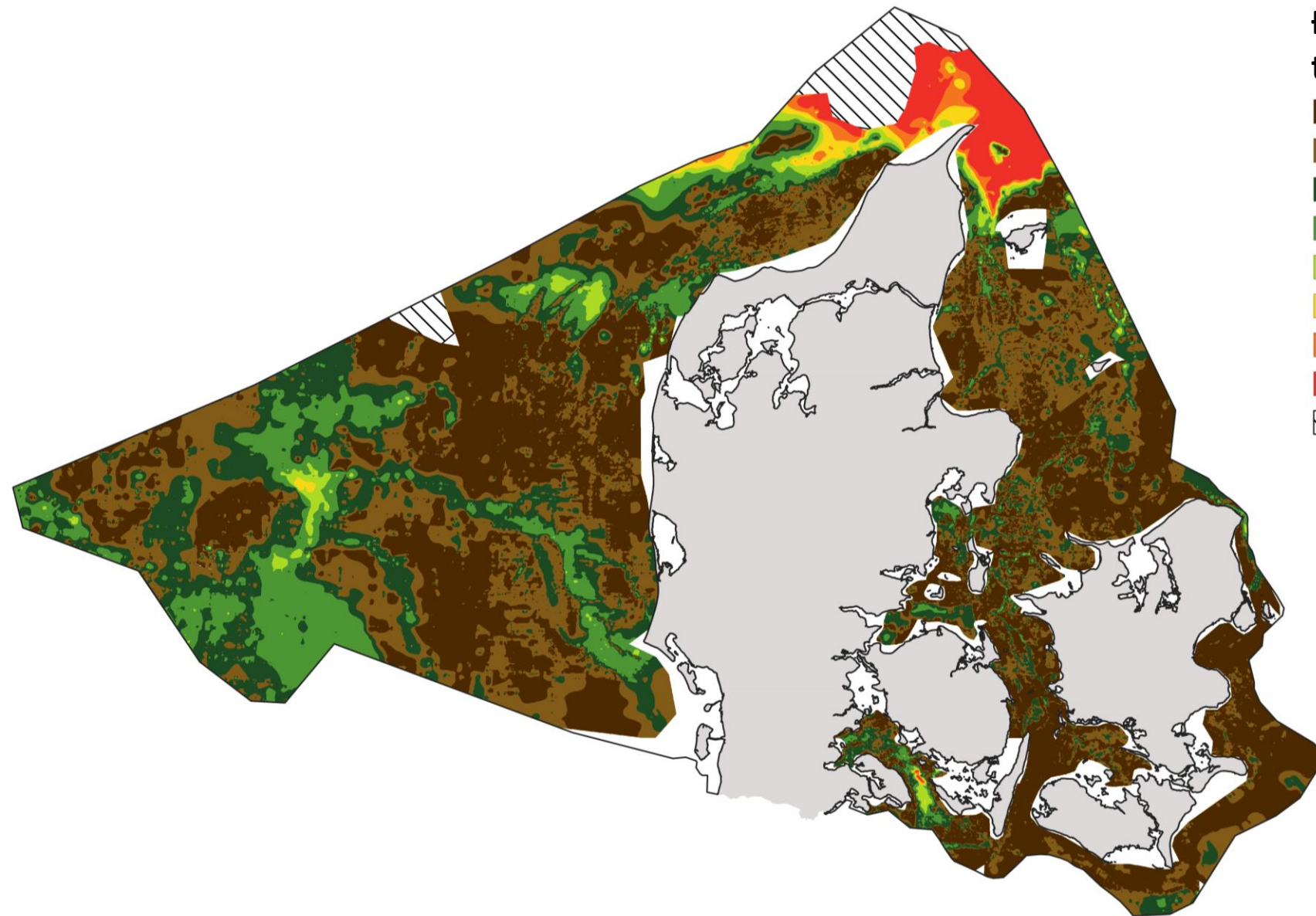


G E U S

Độ dày của trầm tích chưa cố kết thời kỳ Holocene (m)

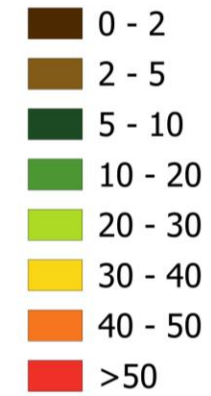


 Cần thêm dữ liệu và thông tin

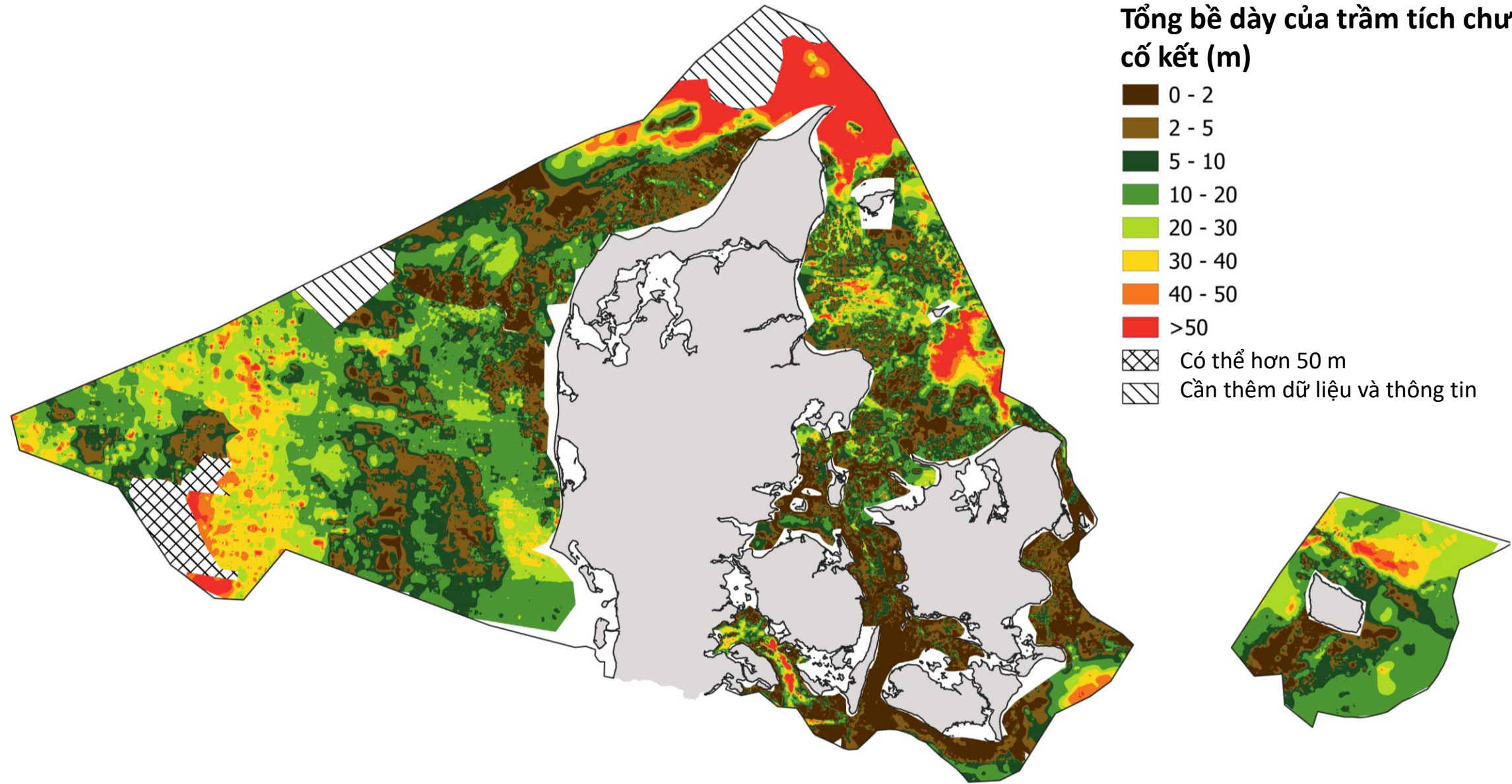


G E U S

Tổng bề dày của trầm tích chưa cố kết (m)



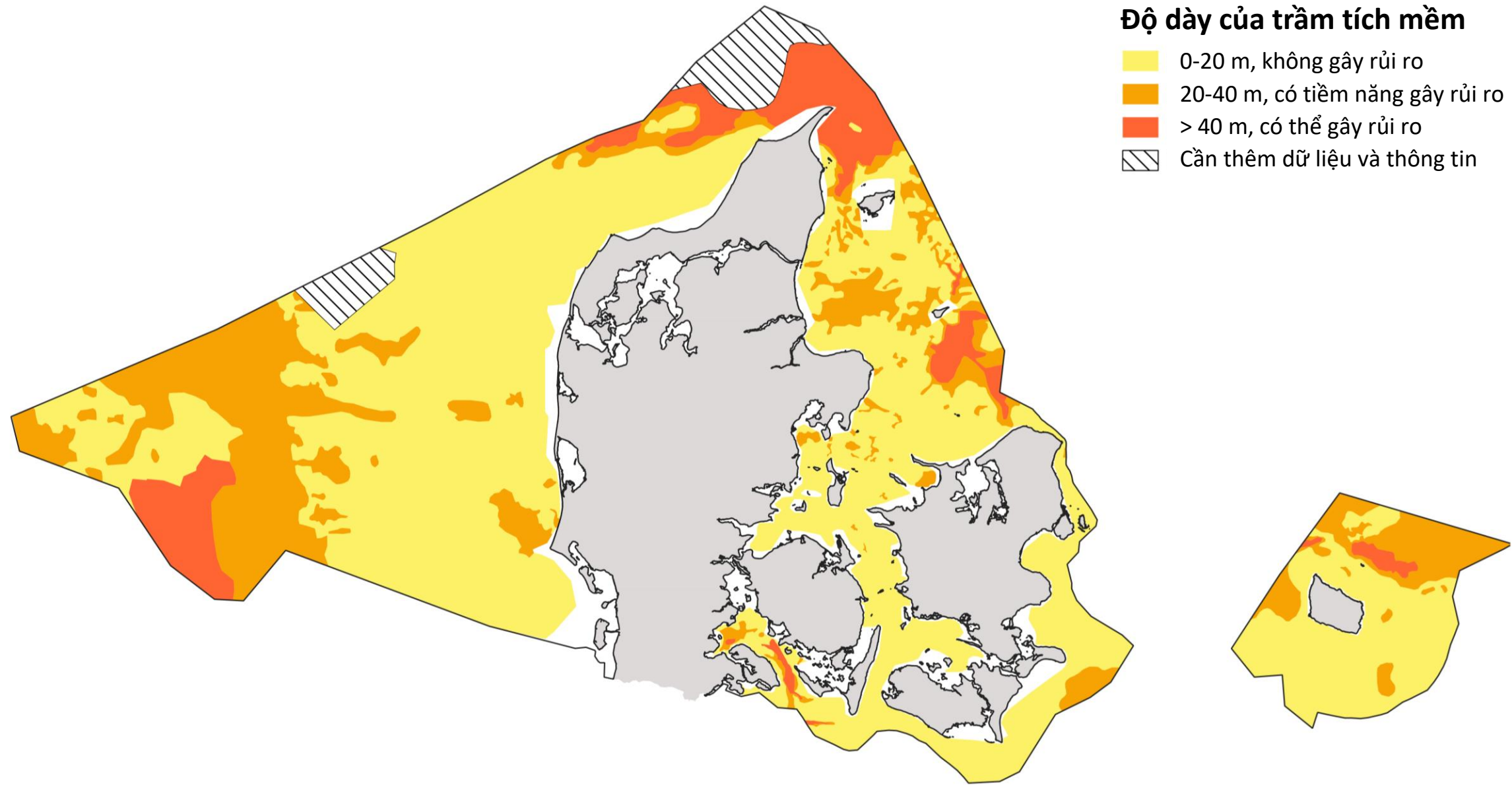
Có thể hơn 50 m
 Cần thêm dữ liệu và thông tin



G E U S

Độ dày của trầm tích mềm

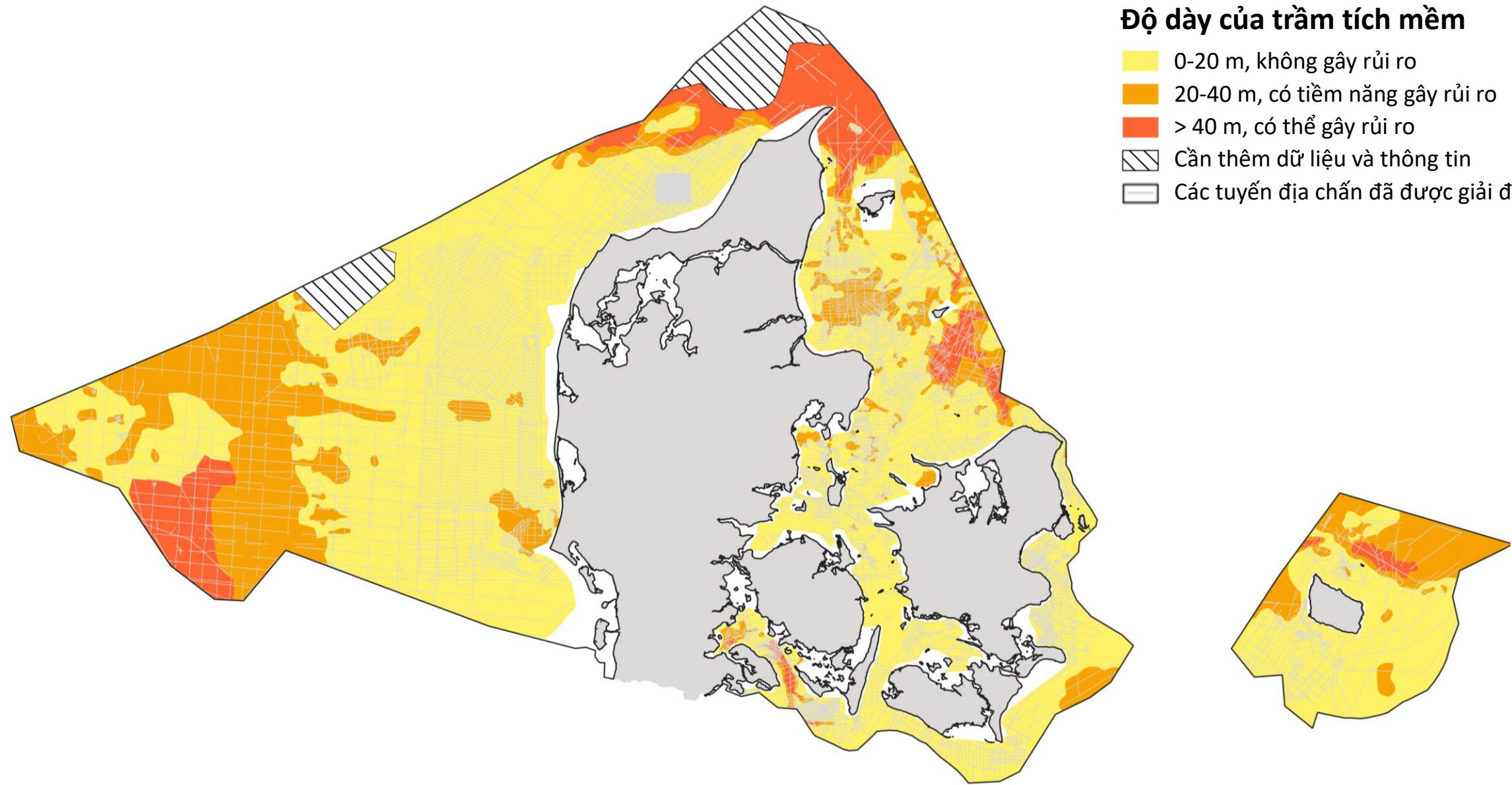
- 0-20 m, không gây rủi ro
- 20-40 m, có tiềm năng gây rủi ro
- > 40 m, có thể gây rủi ro
- Cần thêm dữ liệu và thông tin



0 100 200 km

Độ dày của trầm tích mềm

- 0-20 m, không gây rủi ro
- 20-40 m, có tiềm năng gây rủi ro
- > 40 m, có thể gây rủi ro
- Cần thêm dữ liệu và thông tin
- Các tuyến địa chấn đã được giải đoán (56,388 km)



0 100 200 km

Giá trị gia tăng - Kết luận

Việc sàng lọc địa chất cung cấp:

- Dữ liệu địa chấn mới và tốt hơn
- Tập trung vào lập bản đồ tổng thể các đơn vị địa chất quan trọng cho phát triển điện gió ngoài khơi
- Tập trung vào tuổi địa chất (địa tầng), lịch sử trầm tích và môi trường, là thông số quan trọng để đánh giá ban đầu các đặc tính địa kỹ thuật và cho các khảo sát chi tiết sau này
- Cơ sở vững chắc (và cần thiết) cho các nghiên cứu tài liệu sàng lọc chi tiết hơn trước khi lựa chọn các khu vực xây dựng trang trại điện gió
- Cùng với các nghiên cứu sàng lọc chi tiết hơn, tạo cơ sở và khung địa chất cho việc khảo sát địa điểm chi tiết sau này trước khi đấu thầu (cách tiếp cận thành công trong một số trường hợp)
- Tổng quan về các khu vực không phù hợp lắm với điện gió ngoài khơi từ góc độ địa chất hoặc địa chất phức tạp hơn (quan trọng đối với chủ đầu tư để nắm được độ phức tạp và khả năng dự đoán của địa chất!)

Việc sàng lọc địa chất không cung cấp:

- Với khoảng cách 5-10 km giữa các tuyến địa chấn ở một số khu vực, đây là bản đồ địa chất rất tổng thể và sơ bộ.
- Vẫn còn những khu vực có mức độ bao phủ dữ liệu thấp hoặc không có dữ liệu, ví dụ như các khu vực môi trường sống
- Không lập bản đồ chi tiết các đơn vị và đặc tính địa kỹ thuật

Các dự án nghiên cứu hỗ trợ:

- Dự án NOARG (Thung lũng đường hầm ở Biển Bắc - Cấu tạo, nguồn gốc và dự báo, Trung tâm dữ liệu địa chất Đan Mạch)
- Dự án WINDFARM (Hỗ trợ quy hoạch hạ tầng điện gió, EUDP)



Xin cảm ơn!



G E U S