

Til: Jeppe Sabroe Thegen, KEFM

Fra: Morten Bjerager, Tanni Abramovitz, Henrik Vosgerau, Ulrik Gregersen & Nina Skaarup

12-EN-24-03

J.nr. GEUS 330-0013

Ref. MBJ

16.09.2024

CCS2022-2024 WP1: Thorning strukturen - Seismiske data og tolkning til modning for potentiel geologisk lagring af CO₂

Regeringen og et bredt flertal i Folketinget vedtog i juni 2021 en køreplan for lagring af CO₂, der inkluderede undersøgelser af potentielle lagrings-lokaliteter i den danske undergrund. Der blev udvalgt følgende strukturer på land med dataindsamling og kortlægning til videre modning mhp. potentiel CO₂ lagring: Havnsø, Gassum, Rødby og Thorning, samt den mindre Stenlille struktur til demonstrationslagring (Fig. 1). Derudover er der indsamlet nye data til kortlægning og modning af den kystnære Jammerbugt struktur, mens de to kystnære strukturer længere mod vest i Nordsøen, Inez og Lisa, er kortlagt og modnet med eksisterende data.

Thorning strukturen har potentiale som et geologisk lagringssted af CO₂ på land, som tidligere beskrevet (Hjelm et al. 2022), og som også beskrives i denne forundersøgelse. Efter den politiske beslutning om undersøgelser med henblik på mulig lagring af CO₂, er GEUS ved at gennemføre forundersøgelse og modning af Thorning strukturen, der omfatter ny seismisk dataindsamling, tolkning og kortlægning. Den seismiske dataindsamling blev foretaget fra august til oktober 2023 og har markant forbedret datadækningen (Fig. 2) med nye og bedre data for den initiale geologiske modning af strukturen.

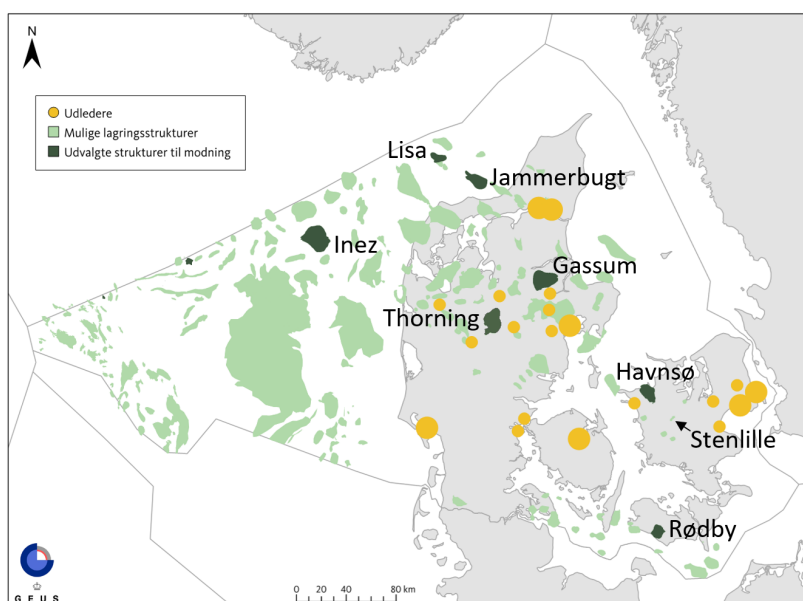


Fig. 1. Kort over danske strukturer med potentiale for geologisk lagring af CO₂, hvoraf de navngivne strukturer modnes i dette CCS2022-2024 projekt.

GEUS
De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Tlf. 38 14 20 00

CVR-nr. 55 14 50 16

EAN-nr. 5798009814814

geus@geus.dk

www.geus.dk

*GEUS er en forsknings-
og rådgivningsinstitution
i Klima-, Energi- og
Forsyningsministeriet*

NOTAT

Side 2 af 11

Dette notat giver en opsummering af dataindsamlingen og det igangværende opfølgende arbejde, som vil blive afrapporteret endeligt senere på året i en GEUS-rapport. Forundersøgelsen af Thorning strukturen med dataindsamling er gennemført for at forbedre data- og vidensgrundlaget til en opdateret analyse og kortlægning af strukturen. Analysen og kortlægningen har fokus på at dokumentere strukturens form, størrelse, overordnede opdeling og indhold af reservoir og segl, samt evt. større forkastninger. Forundersøgelsen er baseret, dels på eksisterende borings- og seismiske data, og dels på de nye seismiske data (Fig. 2). Udover selve den seismiske indsamling og initiale processing, der blev udført af Uppsala Universitet, indgik der feltassistance af studerende fra Københavns, Aarhus og Uppsalas universiteter. Hjælp til ansøgninger, miljøvurdering og logistik blev udført af COWI. Data blev desuden reprocesseret af Realtime Seismic (RTS). Data og tolkninger fra de 8 udpegede strukturer offentliggøres løbende som de bliver færdige via GEUS' CCS data portal: <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/ccs-data-2022-2024>.

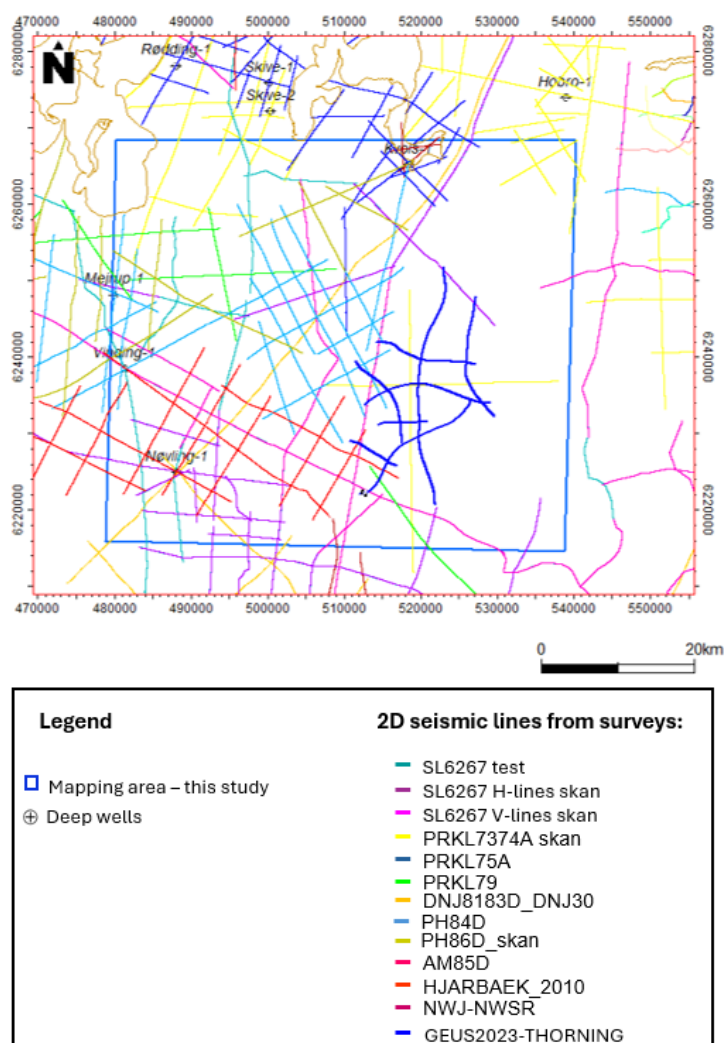


Fig. 2. Det kortlagte område omkring Thorning strukturen med placeringen af nye og gamle seismiske linjer og boringer. De nye seismiske linjer fra GEUS2023-THORNING surveyet er vist med klare blå linjer, og er indsamlet og initielt processeret af Uppsala Universitet i 2024. Surveyet er efterfølgende blevet reprocesseret af Realtime Seismic. Bemærk at alle eksisterende dybe boringer ligger i periferien af det kortlagte område og dermed uden for selve Thorning strukturen.

NOTAT

Side 3 af 11

Samarbejde og kommunikation

GEUS har i projektet haft det overordnede projektansvar for indsamling, udstilling og afrapportering af de nye data. Uppsala Universitet havde det daglige operationelle ansvar under den seismiske indsamling. De nye refleksionsseismiske 2D data (GEUS2023-THORNING) blev indsamlet med to vibroseis-trucks (INOVA UNIVIB) fra det polske firma Geo-Partner Geofizyka Sp., og med feltassistance fra studerende i Geoscience ved Københavns, Aarhus og Uppsala universiteter. COWI medvirkede som rådgiver ifbm. ansøgninger om tilladelser, trafikplanlægning, borgerkontakt og kompensationsberegning til lodsejere.

Et højt informationsniveau omkring projektet blev prioriteret med informationsmøder for borgere afholdt d. 16. november 2022 i Viborg, med præsentationer fra GEUS, Energistyrelsen og COWI og med mulighed for at stille spørgsmål. Der blev også informeret om strukturen på Energistirelsens møde vedr. miljøvæsentlighedsvurderingen, med præsentationer af Energistyrelsen, GEUS og Rambøll, d. 7. juni 2023 på Kjellerup Bibliotek Mosaikken.

Der blev afholdt en offentlig besøgsdag d. 9. september 2023 under indsamlingen, og indsamlingsholdet informerede desuden løbende borgere ved hjælp af bl.a. informationsbreve og pjecer. COWI havde en telefon-hotline og en projekthjemmeside med løbende information om indsamlingen. Der var også avisartikler om indsamlingen Midtjyllands Avis: d. 10. august 2022, 7. juni 2023, 21. september 2023, og flere artikler efter afslutningen af indsamlingen i 2023. TV2-Østjylland nyheder: <https://www.tv2ostjylland.dk/silkeborg/snart-vil-jorden-maaske-vibrere-i-din-baghave>.

Før den seismiske indsamling deltog felt-personale i et obligatorisk kursus i vejsikkerhed.

Den seismiske indsamling

Indsamlingen foregik fra 11. august til 9. oktober 2023, og der blev indsamlet og processeret seismiske linjer med en samlet længde på i alt 135 km fordelt på 8 seismiske sektioner (Fig. 2) (GEUS23_THR_P1, til GEUS23_THR_P8). De seismiske sektioner er offentligt tilgængelige, og kan downloades fra GEUS' CCS data portal: <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/ccs-data-2022-2024>.

Uppsala Universitet gennemførte tests på den første indsamlingsdag og det blev besluttet, som i de tidligere undersøgelser, at bruge to synkroniserede 12 tons mini-vibro-seis trucks som kilde, synkroniserede vibrationer med stigende frekvens fra 10 til 140 Hz i løbet af 18 sekunders vibrering (sweep). Sweepet blev gentaget tre gange på hvert vibrationspunkt for at kunne mindske støj (trafik, vind, mv.) og forstærke det reelle signal. De to mini-vibro seis-trucks blev udskiftet med en single 18 tons vibro seis-truck til indsamling af seismiske data på linerne P6–P8. Dette medførte ikke forringelse af de seismiske data på niveauet med det primære reservoir–segl par.

Data blev optaget ved hjælp af to typer geofon-udlæg (Fig. 3):

NOTAT

Side 4 af 11

(1) Op til ca. 900 trådløse geofoner blev placeret i vejsiden/grøftekanten med 10 meters mellemrum (op til 9 km udlæg) (Fig. 3: wireless stations). Geofonernes placering blev indmålt med differentiell GPS. Ved indsamling tæt ved huse og anden infrastruktur, blev vibrationsniveauet kontrolleret og hvis niveauet var nær den fastlagte grænseværdi (tysk DIN 4150-3 standard), blev vibrationerne afbrudt eller vibrationsstyrken sænket. I nogle tilfælde blev vibrationspunkter udeladt pga. nærliggende huse eller hvis ejendomme blev vurderet til at være særligt sårbare.

(2) En landstreamer, der blev trukket efter den bagerste truck med én geofon for hver anden meter (Fig. 3). Landstreameren kunne være op til 240 m lang (ca. 200 m i gennemsnit), men blev afkortet til forskellige længder på grund af bl.a. bugtede veje og trafikale udfordringer.

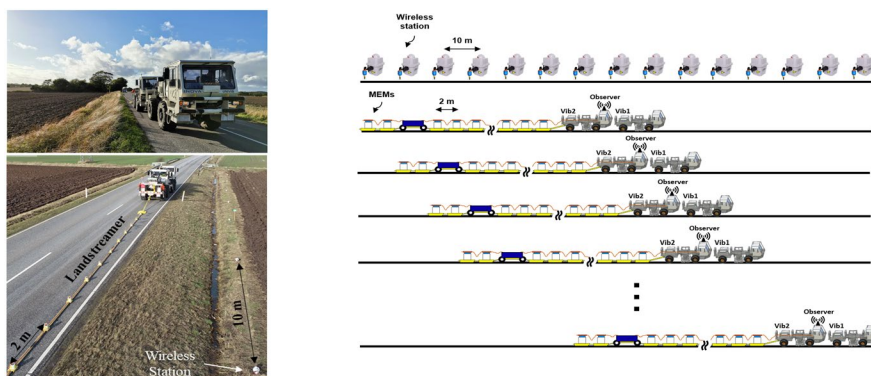


Fig. 3. Uppsala Universitets seismiske indsamlingslayout for surveyet, som er anvendt under indsamling over strukturerne siden 2022 i Stenlille og Havnsø (foto), samt i 2023 i Rødby, Gassum og Thorning. Fotos og skitsen viser de to vibroseis-trucks (kilden), hvor den bagerste truck trækker landstreameren med geofoner 10 meter frem ad gangen, samt de trådløse geofoner placeret i vejsiden med 10 meters mellemrum. Fra Papadopoulou et al. (2022).

Indsamlingen forløb i store træk planmæssigt. Dele af indsamlingen blev foretaget på bugtede veje, som de reprocesserede data følger mest præcist (Fig. 2).

De indsamlede data

Data blev processeret af Uppsala Universitet (Putnaite & Malehmir, 2024) og leveret som separate datafiler fra hhv. landstreamer og trådløse geofoner, og som sammensatte datafiler for de to datasæt. Landstreameren (Fig. 3) giver en god opløsning/frekvensindhold i den øvre overfladenære del af undergrunden, mens de trådløse data giver den bedste opløsning af de dybere dele af undergrunden, heriblandt af Gassum Formationen, som er det primære reservoir i Thorning, og af Fjerritslev Formationen, som er det overliggende primære segl. De to formationer er via nye og eksisterende 2D seismiske data korreleret til de nærmeste dybe borer, bl.a. Kvols-1, Nøvling-1, Mejrup-1, Gassum-1 og Horsens-1 borerne (Fig. 4).

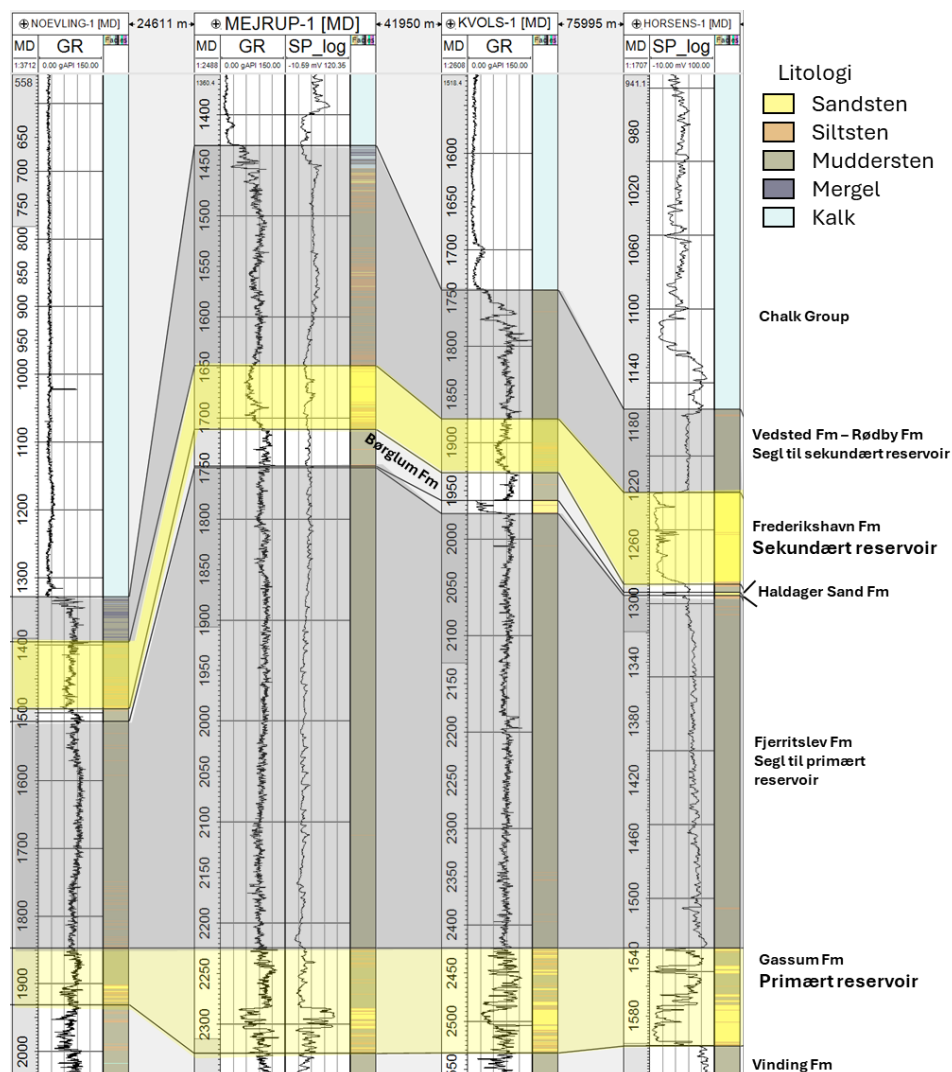


Fig. 4a Korrelation mellem borerne omkring Thorning strukturen, der viser den primære reservoirformation (Gassum Fm) med vekslende sandsten og ler-/muddersten, samt det overliggende, tykke, primære segl (Fjerritslev Fm), der næsten udelukkende består af ler-/muddersten. Også et muligt sekundært reservoir (Frederikshavn Fm) med overliggende segl (Vedsted Fm – Rødby Fm) er vist.

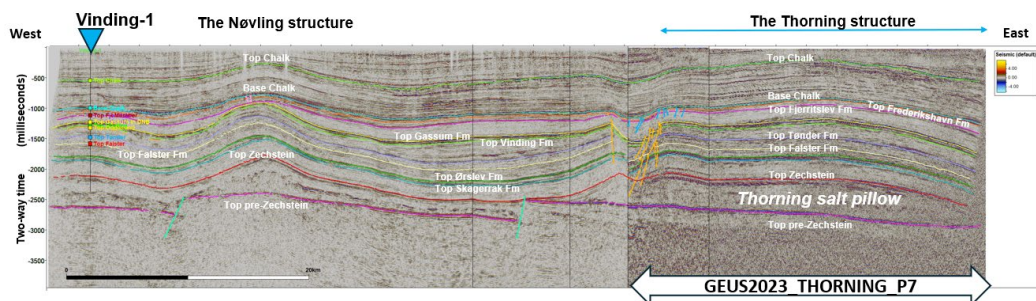


Fig. 4b Seismisk korrelation baseret på gamle og nye seismiske data fra Vinding-1 boreren vest for Nøvling og Thorning strukturene, der viser udbredelsen af den primære reservoirformation (Gassum Fm) med sandsten, samt det overliggende, tykke, primære segl (Fjerritslev Fm) samt de øvrige lag fra toppen af kalken og ned til bunden af saltet. Bemærk at den horizontale skala er 20 km, samt at dybdeskalaen er i millisekunder (ms) To-vejs-tid.

NOTAT

Side 6 af 11

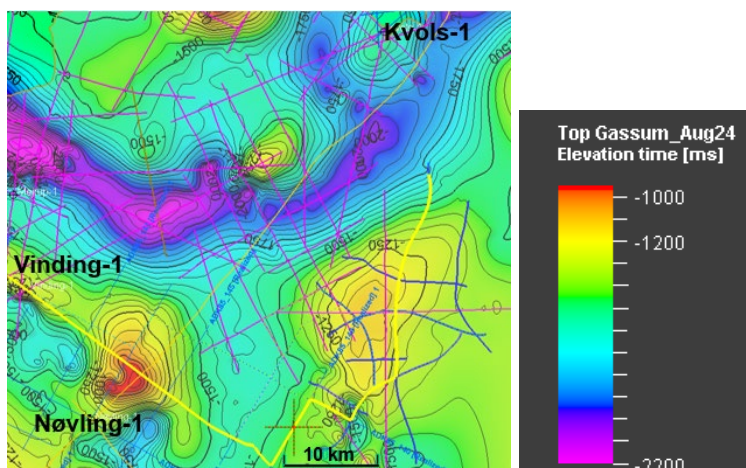


Fig. 4c Placering af det sammensatte seismiske profil vist på Fig. 4b (gul linje), som består af både nye og gamle seismiske data. Kortet er et strukturelt to-vejs-tid kort (i millisekunder), som viser dybden til Gassum Formationen og formen af Thorning strukturen ved toppen af Gassum Formationen. Røde farver er overfladenær og lilla er stor dybde.

De nye seismiske profiler forbedrer datadækningen/linjetætheden over Thorning strukturen betragteligt (Fig. 2), hvor der før ikke var så god datadækning, og datakvaliteten er væsentlig bedre end de ældre data (Figs 5, 6). Det giver bedre mulighed for at afdække vigtige geologiske parametre, der er nødvendige at kende for yderligere modning forud for en eventuel CO₂ injektion og lagring. Det gælder her definitionen af strukturens geometri og geologiske lagdeling, herunder tilstedeværelsen af reservoir/segl, lukning/spill-point ved top reservoir samt tilstedeværelsen af eventuelle forkastninger. Detaljer i data og signal/støj forhold er udover indsamlingen også afhængig af processeringen (Putnaite & Mahle, 2024).

GEUS besluttede at sikre bedst mulig optimering af data ved at rekvirere en reprocessering ved Realtime Seismic (RTS) i starten af 2024 (Realtime Seismic, 2024). Reprocesseringen forbedrede data og viste flere detaljer på de seismiske data (Figs 5, 6). Dataindsamlingen foregik langs offentlige veje, som nogle steder bugter og bøjer sig, hvilket ikke er optimalt ift. dataprocessering.

Tolkning

Der er en igangværende detail-tolkning af eksisterende data kombineret med de nye seismiske data, som vil indgå i den endelige GEUS rapport for strukturen. Der anvendes boringskorrelation (Fig. 4) og seismiske profiler (Figs 5, 6) til at identificere seismiske refleksioner og intervaller, der kan korreleres med de geologiske formationer.

I denne forundersøgelse er der især fokus på kortlægning af Gassum Fm med de primære reservoir sandsten og det overliggende primære segl af tykke lersten, som udgøres af Fjerritslev Fm, samt kortlægning af evt. større forkastninger. Potentielle sekundære reservoirer (bl.a. Frederikshavn Fm) og overliggende segl beskrives også kortfattet i rapporten. Beskrivelser fra boringer viser, at Gassum Fm kan indeholde velegnede reservoir intervaller, og at Fjerritslev Fm forventes at indeholde gode segl intervaller (Fig. 4). Det skal bemærkes at ingen af referenceboringerne er beliggende indenfor Thorning strukturen, men derimod i en periferi af 30–40 km i forhold til selve strukturens apex.

NOTAT

Side 7 af 11

Dette giver en væsentlig større usikkerhed på tilstedeværelse, tykkelse og reservoirgenskaber af reservoirer i selve Thorning strukturen.

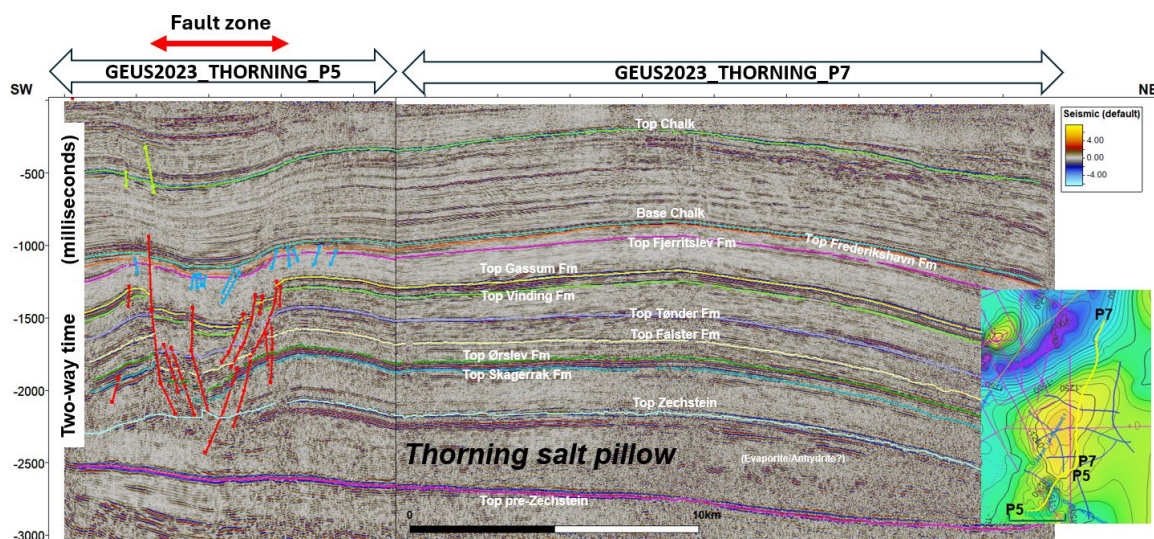


Fig. 5. Sammensat tolket seismisk profil baseret på de nye GEUS2023-data langs profil P5 og P7 baseret på reprocesserede data fra RTS. Profilet viser et snit fra SV til NØ gennem Thorning strukturen med alle lagene fra Top pre-Zechstein niveau, inkl. salt puden (Thorning salt pillow) samt de overliggende enheder, inkl. Gassum Fm og Fjerritslev Fm. De foreløbige tolkninger af forkastninger er vist med grønne, røde og blå streger. Placering er vist på det lille indsatte strukturelle to-vejs-tid kort nederst til højre med en tynd gul linje.

Tolkning af data viser en markant gravsænkning (markeret med "Fault zone" på Figs 4b & 5) langs den SV-lige flanke af Thorning strukturen, hvis afgrænsende forkastninger forårsager forskydninger i toppen af Gassum Fm i størrelsesordenen op til ca. 100 ms, dvs. op til omkring 150-170 meters forskydninger. Forskydningen er signifikant mindre i det ovenliggende segl i Fjerritslev Fm med en størrelsesorden på til ca. 10-15 ms (ca. 15-25 m). Den forkastningsafgrænsede gravsænkning er ca. 5 km bred og ligger på den SV-lige flanke af Thorning strukturen langs grænsen af den lukkende kontur for 1270 ms konturkurven, meget tæt på strukturens spill-point. Gravsænkningen er identificeret på flere af de nye seismiske profiler (P4 og P5), og bør undersøges nærmere med henblik på identifikation af mulige risici såsom lækage langs forkastningsplaner.

Foruden gravsænkningen nær strukturens spill-point, ses en række mindre sætningsforkastninger hen over toppen af strukturen med små forskydninger af det primære reservoir-segl par (Gassum Fm og Fjerritslev Fm) på mellem 10-15 ms (ca. 15-25 m) på et øst-vest profil (Fig. 6), som også kan have en betydning for potentiel CO₂ lagring. Disse forkastninger er udviklet hen over området hvor Thorning salt puden har den største mægtighed.

NOTAT

Side 8 af 11

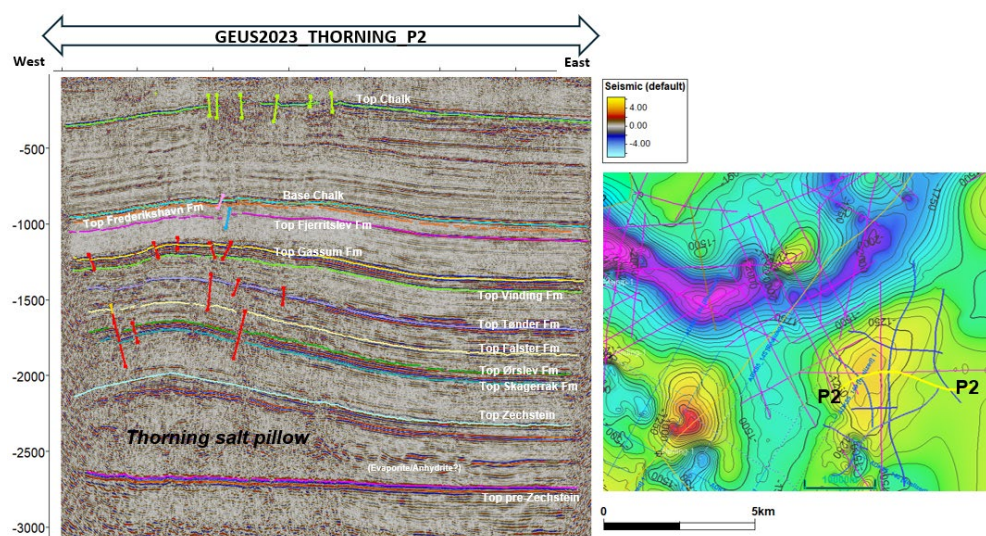


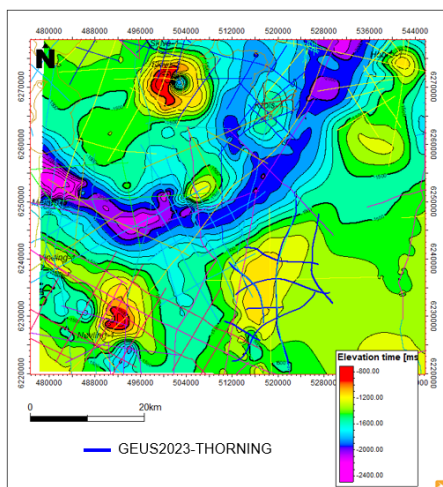
Fig. 6. Tolket seismisk linje (GEUS2023_THORNING_P2), baseret på reprocesserede data v. RTS) fra vest til øst gennem Thorning strukturen. Den tolkede linje viser tykke intervaller hen over strukturen af både det primære reservoir i form af Gassum Fm (fra Top Vinding Fm til Top Gassum Fm) og det primære segl i form af Fjerritslev Fm (fra Top Gassum Fm til Top Fjerritslev Fm). Der kan også tolkes flere forkastninger (røde hældende linjer) som gennemskærer både Top Gassum Fm og Top Vinding Fm på toppen af strukturen, hvor saltpuden har den største tykkelse. Disse forkastninger viser små forskydninger på ca. 10-15 ms (ca. 15-25 m). Profilets placeringen er vist på det lille kort med en tynd gul linje.

Thorning strukturen er primært opstået fordi dannelsen af en dybtliggende saltpude (Fig. 4-6) har hævet de overliggende lag, herunder reservoir og segl i en stor lukket antiklinal, dvs. en blød dome-struktur, hvor der er opstået forkastninger (Figs 5-6). De største forkastninger er normalforkastninger og er givetvis forårsaget af bevægelser i den dybe saltpude.

Det er primært ekstensionsforkastninger, dvs. forkastninger som er dannet ved strækning af lagene som følge af mobilisering og flydning af det underliggende Zechstein salt (saltpuden). Saltpudens vækst hævede de overliggende lag op gennem millioner af år gennem Trias og Jura til ind i Kridt tid. I denne proces blev forkastninger dannet. Det ser ud til, at forkastningerne primært kan følges i Gassum Fm og Fjerritslev Fm og op i den nedre del af Kridt pakken (Chalk Group). Den geologiske udvikling, herunder forkastninger, undersøges og beskrives nærmere i GEUS-Rapporten, der udkommer senere i 2024.

Tolkningen med brug af de nye seismiske data (Figs 5–7) viser, at toppen af reservoiret, som er kortlagt ved Top Gassum Fm i Thorning strukturen er veldefineret, og ser ud til at lukke med et areal, der er omtrent i samme størrelsesorden som i GEUS' seneste kortlægning fra 2020 (Hjelm et al. 2022). Her blev arealet vurderet til ca. 210 km² vurderet alene ud fra en sammenligning af to-vejstids kort (kortlægning i "tid" - det som de seismiske data er indsamlet i og ikke dybdekonverteret til meter-skala) (Fig. 7). I forhold til tidligere viser kortlægningen baseret på de nye data dog en smallere struktur i Ø-V retning og mere aflang i N-S. Den endelige kortlægning, der afrapporteres senere i 2024, kan dog ændre størrelsen af strukturen og dens forkastninger lidt.

A: TWT kort for Top Gassum incl. nye data



B: TWT kort for Top Gassum baseret på ældre data

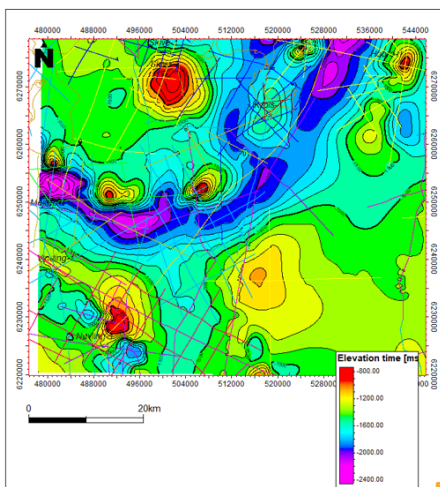


Fig. 7. Dybde-struktur kort for Top Gassum Fm i to-vejs tid (TWT): A. Kort (pr. 06.09.24) fra nærværende projekt med de nye data (blå, tykke linjer). B. Fra GEUS' tidligere kortlægning før 2021 baseret på ældre data (Hjelm et al., 2022). Der er lidt forskel i kortfremstilling og detaljer, men i store træk bekræfter den nye kortlægning strukturens form og størrelse fra den tidligere kortlægning. Dog ser området med den yderste lukkende kontur ud til at være lidt mindre og smallere i Ø-V retning på det nyeste kort (A).

Strukturens endelige størrelse (areal, relief, mv) kan først reelt vurderes efter en dybdekonvertering, der gennemføres når strukturen er endeligt kortlagt senere på året. Da strukturens størrelse og reservoirets tykkelse indgår i beregningen af lagringskapaciteten, kan denne også først regnes efter dybdekonverteringen.

Som i de foregående notater vedr. CCS landstrukturerne (f.eks. vedr. Havnsø: GEUS-NOTAT 12-EN-23-06) vil lagringseffektiviteten (Storage efficiency factor) nu blive anslået til 0,1 fremfor tidligere 0,4, hvilket i sig selv vil betyde en forventet væsentlig mindre lagringskapacitet end tidligere beregnet i Hjelm et al. (2022: Table 2, som angav en middel lagringskapacitet på 296.6 Mt CO₂). Den mindre lagringseffektivitetsfaktor (Storage efficiency factor, Seff) skyldes primært:

- Ny gennemgang af andre studier fra publikationer (fx Craig et al. 2014; Goodman et al. 2011; Gorecki et al. 2009; et igangværende studie fra Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)), viser en størrelsesorden på mellem ca. 3% og 20%.
- Nye erfaringer fra møder mellem GEUS og industrien (flere selskaber), samt mundtlige tilbagemeldinger om størrelsesordener på lagringseffektivitetsfaktoren.

Forkastningerne i Thorning strukturen er blevet identificeret i to områder; dels langs SV-flanken med væsentlige forsætninger i Gassum Fm (primære reservoir) og Fjerritslev Fm (primære segl) samt nær strukturens apeks omkring toppen af strukturen med mindre forsætninger. Grundet afstanden mellem de 2D seismiske profiler er det nuværende datagrundlag stadigvæk ikke tilstrækkeligt til en fyldestgørende undersøgelse af forkastninger og geologisk risikovurdering, herunder hvorvidt nogle forkastninger evt. kan danne barrierer (compartments), og heller ikke seglintegriteten og risici for evt. læk kan vurderes fyldestgørende. Forkastningerne bør undersøges nærmere i forbindelse med yderligere

NOTAT

Side 10 af 11

geologisk modning og baseres på nye tætliggende seismiske data samt yderligere tekniske vurderinger af Fjerritslev Fm (det primære segl).

Opsummering

Nærværende forundersøgelse med nye seismiske data over Thorning strukturen har forbedret datagrundlaget med bedre og tættere seismisk datadækning og datakvalitet, som nu har muliggjort en verificering og præcisering af strukturens overordnede opdeling i formationer (især de primære reservoirer og segl), geometri og lukning på top reservoir niveau, samt forkastninger. Arealet af strukturens lukning på toppen af det primære reservoir niveau (Top Gassum Fm) er, ud fra kortlægning med de nye data, omtrent af samme størrelsesorden (foreløbigt kun vurderet i seismisk tovejstid og ikke i meter) som den tidligere vurdering fra 2022. Strukturens lagringskapacitet for CO₂ forventes dog at blive reduceret i forhold til tidligere beregninger især pga. af en noget mindre lagringseffektivitetsfaktor end tidligere anvendt.

Strukturen med reservoir- og segl vil blive beskrevet nærmere i den opfølgende GEUS-rapport, der udkommer senere i 2024, hvor også evt. sekundære reservoirer og segl beskrives kort.

Der er identificeret en afgrænset 5 km bred gravsænkning langs strukturens SV-lige flanke, som er markeret ved forsætninger langs forkastninger i både top af det primære reservoir og i det overliggende segl. Desuden er der også nær strukturens top kortlagt få mindre normal-forkastninger, som gennemskærer både reservoir- og segl. Datagrundlaget er stadigvæk ikke tilstrækkeligt til en fyldestgørende undersøgelse af forkastningerne og dermed en geologisk risikovurdering af disse, herunder hvorvidt nogle forkastninger evt. kan danne barrierer (compartments) for migration eller evt. risici for potentiel læk. Dette bør undersøges nærmere med indsamling af flere data.

Det anbefales derfor, at en evt. yderligere geologisk modning af Thorning strukturen omfatter mere dataindsamling (3D seismik, mv.), detailkortlægning og detailstudier af reservoir, segl og segl-integritet, forkastninger og andre risici. Der skal også foretages en vurdering af trykforhold, modelleringer og evalueringer af CO₂ lagringskapacitet, monitoringsbehov, og en anbringelse af strukturen med prøvetagning og relevant log suite, mv. forud for beslutning om der evt. kan etableres lagring af CO₂.

Referencer:

Craig, J., Gorecki, C.D., Ayash, S.C., Liu, G. and Braunberger, J.R. 2014. A comparison of volumetric and dynamic storage efficiency in deep saline reservoirs: an overview of IEAGHG study IEA/CON/13/208. Energy Procedia 63, 5185–5191. Doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.549.

Hjelm L, Anthonsen KL, Dideriksen K, Nielsen CM, Nielsen LH, Mathisen A., 2022. Capture, Storage and Use of CO₂ (CCUS). Evaluation of the CO₂ storage potential in Denmark. Vol.1: Report & Vol 2: Appendix A and B. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2020/46, 63 pp. + App.

Goodman, A., Hakala, A., Bromhal, G., Deel, D., Rodosta, T., Frailey, S., Samll, M., Allen, D., Romanov, V., Fazio, J., Huerta, N., McIntyre, D., Kutchko, B. and Guthrie, G. 2011. U.S. DOE methodology for the development of geologic storage potential for carbon dioxide at the national and

NOTAT

Side 11 af 11

regional scale. International Journal of Greenhouse Gas Control, 5 (4), 952–965.

Gorecki, C.D., Holubnyak, Y.I., Ayash, S.C., Bremer, J.M., Sorensen, J.A., Steadman, E.N. and Harju, J.A. 2009. A New Classification System For Evaluating CO₂ Storage Resource/Capacity Estimates. Paper presented at the SPE International Conference on CO₂ Capture, Storage, and Utilization, San Diego, California, USA, November 2009. ISBN: 978-1-55563-267-0. <https://doi.org/10.2118/126421-MS>.

Putnaite, J. & Malehmir, A., 2024. GEUS2023-THORNING seismic survey: Acquisition and processing report. Uppsala University, Sweden. Final report, June 2024, 18 pp.

Papadopoulou, M., Malehmir, A., Zappalá, S., Gregersen, U., Nielsen, L., Hjelm, L., 2022. Innovative land seismic acquisitions for CO₂ and energy storage applications. 'Near Surface Geoscience'22', EAGE, Belgrade, Serbia, conference paper, 4p.

Realtime Seismic, 2024. GEUS2023-THORNING-RE2023. Reprocessing of the GEUS2023-Thorning 2D Seismic Survey for the Geological Survey of Denmark and Greenland 26,06,2024. Realtime Seismic, France. 76 pp.