

**UNIVERSITATEA BUCURESTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE SI GEOFIZICA
SCOALA DOCTORALA DE GEOLOGIE**

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații in sistemul petrolier.

REZUMAT



Conducători științifici:

Prof. dr. ing. CORNELIU DINU

Cercetător principal I dr.habil ing. Mihaela Carmen MELINTE

Doctorand:

Mihaela Carmen DEDIU

București 2020

CUPRINS

Lista de figuri

Lista de tabele

Lista de abrevieri

Capitolul I – INTRODUCERE	Error! Bookmark not defined.
1.1. Argumentare.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Istoricul explorării.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Obiectivele tezei.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Setul de date și metodologia.....	Error! Bookmark not defined.
1.4.1. Date seismice	Error! Bookmark not defined.
1.4.2. Date din sonde.....	Error! Bookmark not defined.
1.4.3. Câmpurile potențiale	Error! Bookmark not defined.
1.4.4. Metodologia de lucru	Error! Bookmark not defined.
Capitolul II. EVOLUȚIA TECTONICĂ ȘI STRATIGRAFICĂ A MĂRII LABRADOR	Error! Bookmark not defined.
2.1. Margini continentale pasive	Error! Bookmark not defined.
2.1.1. Clasificarea marginilor continentale pasive	Error! Bookmark not defined.
2.1.2. Modelul cinematic al bazinelor de rift	Error! Bookmark not defined.
2.1.3. Paleomagnetism	Error! Bookmark not defined.
2.2. Cadrul tectonic regional	Error! Bookmark not defined.
2.3. Litostratigrafia marginii de șelf a Mării Labrador.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1. Fundamentul (Precambrian – Paleozoic Inferior)	17
2.3.2. Formațiunea Alexis (Berriasian - Albian).....	Error! Bookmark not defined.
2.3.3. Formațiunea Bjarni (Valanginian/Hauterivian – Albian/Cenomanian)	Error! Bookmark not defined.
2.3.3.1. Membrul Snorri (Barremian)	Error! Bookmark not defined.
2.3.4. Formațiunea Markland (Cenomanian – Paleocen Inferior/Seldanian)	Error! Bookmark not defined.
2.3.4.1. Membrul Freydis (Santonian – Maastrichtian Inferior)	Error! Bookmark not defined.
2.3.5. Formațiunea Cartwright (Paleocen/Seldanian – Paleocen/Thanetian)	Error! Bookmark not defined.
2.3.5.1. Membrul Gudrid (Paleocen/Seldanian – Paleocen/Thanetian)	Error! Bookmark not defined.
2.3.6. Formațiunea Kenamu (Paleocen/Ypresian – Paleocen/Bartonian)	Error! Bookmark not defined.
2.3.6.1. Membrul Leif (Eocen Mediu, Bartonian).....	Error! Bookmark not defined.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații in sistemul petrolier

2.3.6.2. Membrul Roberval (Eocen Mediu, Bartonian)..... **Error! Bookmark not defined.**

2.3.7. Formațiunea Mokami (Eocen Superior/Priabonian – Oligocen Superior/Chattian) ... **Error! Bookmark not defined.**

2.3.8. Formațiunea Saglek (Pliocen Inferior/Zanclean – Pleistocen)**Error! Bookmark not defined.**

2.4. Evoluția tectono-stratigrafică a bazinului oceanic Labrador..... **Error! Bookmark not defined.**

Capitolul III – INTERPRETAREA DATELOR SEISMICE ȘI DE SONDĂ**Error! Bookmark not defined.**

3.1. Calibrarea profilelor seismice cu informațiile din sonde28

3.2. Caracteristicile seismo-stratigrafice ale secvențelor depuse în bazinul Mării Labrador ... **Error! Bookmark not defined.**

3.3. Analiza elementelor structurale identificate pe profilele seismice de reflexie**Error! Bookmark not defined.**

3.3.1. Bazinele de sedimentare..... **Error! Bookmark not defined.**

3.3.2. Elemente și stiluri structurale..... **Error! Bookmark not defined.**

Capitolul IV – SISTEMUL PETROLIFER **Error! Bookmark not defined.**

4.1. Descoperiri în zona de șelf.....38

4.2. Roci sursă **Error! Bookmark not defined.**

4.3. Roci rezervor..... **Error! Bookmark not defined.**

4.4. Roci protectoare **Error! Bookmark not defined.**

4.5. Maturarea și migrarea **Error! Bookmark not defined.**

4.6. Tipuri de play-uri **Error! Bookmark not defined.**

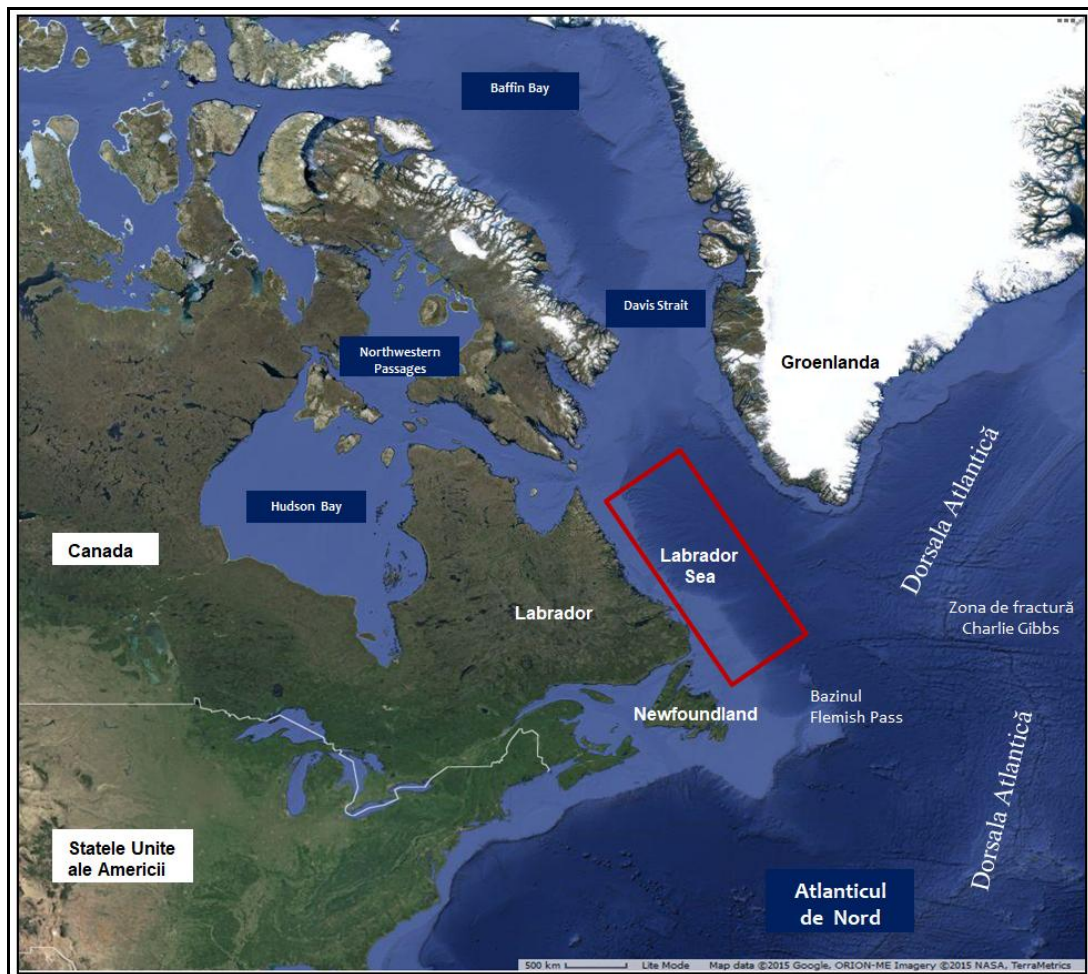
CONCLUZII43

BIBLIOGRAFIE..... **Error! Bookmark not defined.**

REZUMAT

Această lucrare, în cele 4 capitolele ei, aduce contribuții noi care să ajute la o mai bună înțelegere a cadrului tectonic și stratigrafic al marginii continentale pasive a Mării Labrador în vederea evaluării potențialului de hidrocarburi din zona de pantă continentală și apă adâncă.

Zona studiată acoperă o arie de 580.000 km² (Fig. 1.1) și este delimitată la sud vest de șelfurile continentale ale Peninsulei Labrador și insulei Newfoundland, la nord-vest de strâmtoarea Davis Strait, la nord est și sud de Groenlanda și Atlanticul de Nord. Adâncimea apei în zona de șelf variază între 0 și 500 m, în timp ce zona abisală atinge o adâncime de 3400 m.



Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Fig. 1.1. Localizarea zonei de studiu (sursa: <https://www.google.com/map>).

În primul capitol, **INTRODUCERE**, este argumentat subiectul tezei, este descris istoricul explorării din zona de offshore a coastei de est a Canadei, sunt definite obiectivele tezei și este prezentat setul de date și metodologia de lucru.

Bazinele sedimentare de frontieră și în special cele din zonele de offshore oferă un potențial ridicat pentru descoperirea de noi resurse și rezerve de hidrocarburi ce vor ajuta în menținerea securității energetice. Toate aceste bazine a căror geologie a rămas puțin înțeleasă, fie datorită lipsei de tehnologie fie condițiilor de mediu și care prezentau în trecut un risc ridicat de explorare se află acum din nou în centrul atenției exploratorilor.

Atât bazinele de rift activ cât și cele ale marginilor continentale pasive găzduiesc rezerve considerabile de hidrocarburi. Ultimele analize și studii au arătat că din cele 877 de câmpuri de țiței și gaze gigant cel mai mare procent de aproximativ 35% (304) se găsește pe margini continentale pasive orientate spre bazine oceanice mari. Un câmp de țiței este considerat gigant dacă resursa recuperabilă conține mai mult de 500 de milioane barili de petrol echivalent (MMBOE) în timp ce un câmp de gaze gigant trebuie să fie mai mare de 3 trilioane picioare cubice (TCF) (după Mann și alții, 2003).

Zona de offshore a coastei de est a Canadei are un potențial ridicat de generare a hidrocarburilor. Ultimul studiu de evaluare a hidrocarburilor din zona de offshore Newfoundland și Labrador indică o resursă de 12 Bbbl țiței și 113 Tcf gaze pentru licențele oferite la licitație în 2015 (după un comunicat de presă, Octombrie, 2015).

Succesul recent din Bazinul Flemish Pass (Fig.1.1) prin săparea a trei sonde de explorare (Bay du Nord, Mizzen, Harpoon) în zona de mare adâncime a încurajat și reînnoit interesul pentru explorare în aceste bazine de frontieră rămase până cum puțin cunoscute. Una din noile descoperiri convenționale de țiței a fost anunțată de Statoil în 2013 care estimează o rezervă recuperabilă între 300 și 600 milioane barili de țiței echivalenți pentru Bay du Nord localizată la numai 500 de km. NE depărtare de insula Newfoundland, la o adâncime a apei de 1100 m.

Cu un potențial încă necunoscut în zona de apă adâncă, bazinul Mării Labrador reprezintă una din marginile de frontieră imature din punct de vedere al explorării spre care s-a îndreptat atenția exploratorilor începând cu 2010. Deși activitatea de cercetare a perspectivelor de hidrocarburi ale șelfului a început la sfârșitul anilor 60, potențialul acestei margini este încă necunoscut. Prezența

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolifer

sistemului petrolifer în zona de șelf a fost demonstrată însă de cele 5 descoperiri de gaze din totalul de 31 de sonde de explorare săpate până în 1983.

Deși elaborarea modelului tectonic al Mării Labrador a început în a doua jumătate a anilor 80 există încă păreri controversate asupra tipului de margine pasivă precum și a localizării limitei de tranziție a crustei oceanice (COT). Procesul de riftare al cratonului Precambrian al Atlanticului de Nord (după Keen și alții, 1994) a început în Cretacicul Inferior (aprox. 60 Ma.) fiind urmat de formarea unui bazin de sag continental ca urmare a mișcărilor de extensie și subsidență termală precum și de apariția crustei oceanice formându-se astfel marginea continentală pasivă. Vârsta exactă a începerii și încetării expansiunii fundului oceanic a fost și este încă destul de dezbătută. În prezent este acceptat că expansiunea a început în Paleocen (chron-ul 27) și a încetat în Oligocenul inferior (înainte de chron-ul 13).

Totodată evaluarea potențialului de hidrocarburi din zona de pantă și apă adâncă a fost un subiect dificil de abordat până acum datorită absenței unei rețele seismice regulate și a sondelor de explorare. Cu un sedimentar care poate ajunge până la 10 km grosime în depocentre, toată această vastă suprafață puțin explorată poate deveni locul unde următorul gigant va fi descoperit, dacă roca sursă este prezentă și se află în fereastra de generare de hidrocarburi, iar sistemul petrolifer funcționează.

Pentru a stimula interesul în această frontieră de bazin imatură, un nou program geologo-geofizic de investigare integrată a fost inițiat de către Compania Guvernamentală Nalcor din Canada (CNLOPB) în colaborare cu companiile TGS și PGS. Astfel, în perioada 2011-2012 a fost achiziționată cea mai mare rețea seismică 2D de tip multi-client care acoperă zona de pantă și apă adâncă a Mării Labrador.

În acest cadru tematic, aceasta teză se focalizează pe evoluția și dinamica marginii pasive Labrador în vederea evaluării potențialului de hidrocarburi din zona de pantă și apă adâncă.

Din punct de vedere al istoricului, activitatea de explorare pentru hidrocarburi în zona de offshore a Mării Labrador a început în perioada 1965-1969 când Centrul de Geostiințe Atlantic al Canadei achiziționează un prim set de date geofizice de recunoaștere de-a lungul marginii continentale Labrador. Interesul pentru perspectivele de hidrocarburi ale zonei de offshore a crescut iar în 1966 s-a emis primul permis de explorare.

În bazinul Saglek au fost săpate 9 sonde și a existat o singură descoperire, sonda Hekja O-71 (Fig.1.2), situată în partea de nord a bazinului având o rezervă estimată la 2.3 Tcf (după Enăchescu, 2011; după Wielens și alții, 2009).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Din numărul de 21 sonde de explorare săpate în bazinul Hopedale numai 16 sonde și-au atins obiectivele și au furnizat informații esențiale pentru înțelegerea mai bună a dezvoltării acestor bazine. Prima descoperire de gaze a avut loc în 1973 prin săparea sondei Bjarni H-81. Aceasta a fost urmată de alte 4 descoperiri prin sondele: Gudrid H-55 (1974); Snorri H-55 (1975); Hopedale E-33 (1978) și North Bjarni F-06 (1980) (Fig. 1.2). Rezerva estimată a acestor descoperiri de gaze este de 4,2 Tcf și 123 Mbbl de gaz natural lichefiat (NGL) cu 50° - 60° API (după Enăchescu, 2006 (a)). Sonda North Leif I-05 săpată în anul 1980 a fost singura sondă care a testat țiței (33° API) și a fost considerată descoperire ne-comercială.

Prezența acestor descoperiri dovedește existența unui sistem petrolifer important de-a lungul zonei de șelf a Mării Labrador. Deoarece interesul pentru explorarea gazelor nu era unul ridicat la acea vreme toate aceste descoperiri nu au fost dezvoltate.

Rata de succes de 25% în explorarea celor 2 bazine este una remarcabilă pentru o frontieră de bazin. Luând în considerare mărimea zonei și numărul limitat de sonde forate până în prezent se poate trage concluzia că faza de explorare este încă în faza incipientă cu o singură sondă săpată la o suprafață de 4000 km² (după Floistad K și alții, 2015).

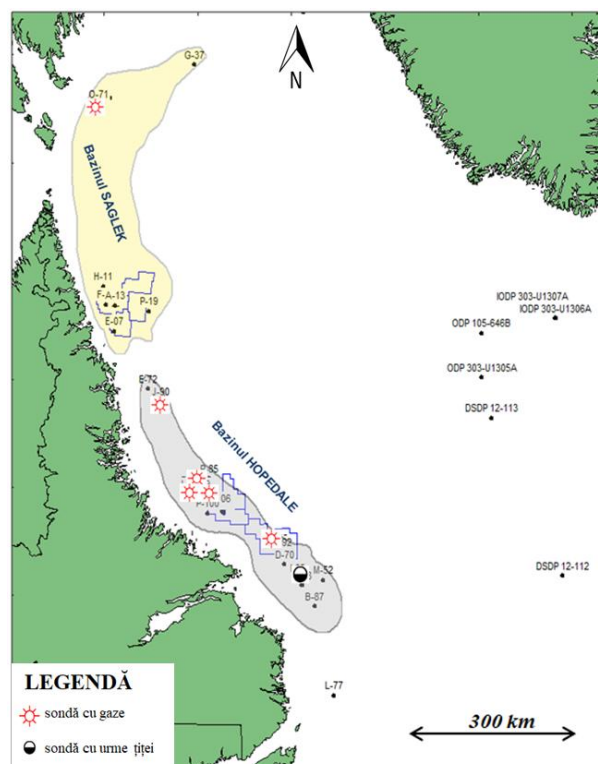


Fig.1.2. Plan de situație cu distribuția bazinelor sedimentare din zona de șelf (Saglek și Hopedale) și amplasarea descoperirilor de gaze de-a lungul șelfului Mării Labrador.

Încapitolul II, EVOLUȚIA TECTONICĂ ȘI STRATIGRAFICĂ A MĂRII LABRADOR, sunt prezentate considerațiile teoretice despre marginile continentale pasive, sunt descrise prin comparație marginile pasive vulcanice versus non-vulcanice, este prezentată contribuția semnificativă a paleomagnetismului, este prezentat cadrul tectonic regional, este descrisă litostratigrafia șelfului precum și evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador.

Termenul de **margină pasivă** este considerat de foarte mulți autori sinonim cu margine de tip Atlantic, margine riftată sau margine divergentă (după Bradley, 2008). Dacă prima supoziție este adevărată, următoarele două descriu o parte din mecanismele care duc la formarea marginii continentale pasive, dar nu descriu mecanismul principal și anume subsidența termală care urmează procesului de riftare continental cu subsidență mecanică.

Marginile continentale pasive sunt larg răspândite de-a lungul globului și reprezintă aproximativ 50% din totalul marginilor continentale (Fig. 2.1). Lungimea lor actuală este de 105000 km, chiar mai lungă decât a dorsalelor oceanice (65000 km) sau chiar a plăcilor convergente (53000 km) (după Bradley, 2008).

Marginile pasive sunt margini continentale în general inactive din punct de vedere seismic care se formează la contactul dintre litosfera continentală și cea oceanică spre deosebire de marginile active (tip Pacific) care sunt definite ca zone de tranziție între zonele de subducție și continent. Majoritatea marginilor pasive actuale se întâlnesc în Oceanul Arctic și Marea Norvegiei, în Oceanul Indian și în jurul oceanului Atlantic de Nord și Sud. Se întâlnesc și de-a lungul marginii Antarctice a Oceanului Pacific precum și în interiorul mărilor marginale cum este Marea Mediterană (după Bott, 1992). Deși este greu de găsit un exemplu de model clasic de evoluție a unei margini pasive (după Allen & Allen, 2005), Chalmers & Pulvertaft în 2001 consideră marginea Labrador cel mai bun exemplu pentru descrierea evoluției unei astfel de margini.

Riftarea continentală și separarea plăcilor tectonice implică procese complexe de interacțiune tectonică, magmatică, geodinamică și sedimentară. Rezultatul acestor interacțiuni conduce la o mare varietate de tipuri de geometrii ale marginilor continentale pasive, de la înguste la foarte extinse, de la puțin până la puternic vulcanice sau de la margini pasive cu rate mici de sedimentare (starved margins) până la cele mature (mature margins) (după Coffin și alții, 2006).

Deși activitatea vulcanică acompaniază invariabil riftarea continentală, marginile pasive sunt clasificate tradițional fie ca non-vulcanice (NVPM – non vulcanic passive margins), fie vulcanice (VPM - vulcanic passive margins) (după White, 1987). Ambele tipuri de margini sunt răspândite global (Fig. 2.1.).

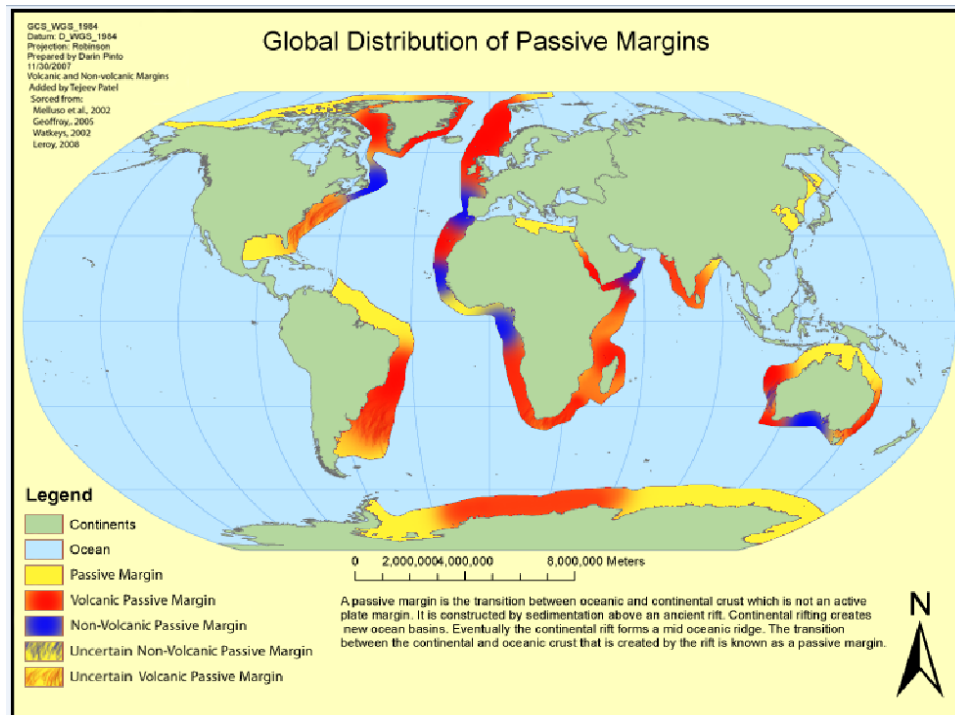


Fig. 2.1. Distribuția globală a marginilor pasive

(Sursa: https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_margin#/media/File:Globald.png).

Marginile continentale pasive vulcanice (VPM) sunt asociate cu prezența și activitatea anomală a camerelor magmatice provenite din astenosferă. Ele sunt dominante în partea de est a Atlanticului de Nord (Norvegia și estul Groenlandei) și în sudul Oceanului Atlantic precum și de-a lungul coastei de vest a Indiei unde formarea lor a fost asociată cu activitatea panașelor de manta (după Skogseid, 2001). Din punct de vedere global pot reprezenta aproximativ 90% (Fig. 2.1.) din marginile oceanice riftate (după Menzies, 2002).

Dintre principalele caracteristici ale VPM putem aminti:

- prezența SDRs (seaward dipping reflectors) - o secvență de reflectori seismici situată în proximitatea limitei de tranziție ocean-continent formați de prezența structurilor extrusive (curgeri de bazalte rezultate din magmele revărsate la suprafața Pământului prin fisuri lineare și tufuri) formate în timpul procesului de riftare (Fig. 2.2.) (după Chalmers, 1997; Geoffroy, 2005);
- o secvență groasă (corpuri anormale) cu activitate vulcanică intensă (viteza undelor P mai mare de 7,3 – 7,6 km/s și densități foarte mari ce pot atinge 3100 kg/m³) situată între crusta continentală și cea oceanică (după Planke și alții, 2000) (Fig. 2.2.) care se afundă spre mare;
- magmatismul intrusiv (consolidarea magmelor se face în adâncime) legat de break-up-ul continental se manifestă prin prezența a două tipuri de corpuri magmatice: dike-uri și sill-uri;

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

- natura și localizare limitei dintre crusta oceanică și cea continentală este de importanță fundamentală pentru înțelegerea procesului de riftare. Pentru VPM tranziția dintre continent și ocean (COT - Continent Ocean Transition) are loc pe o distanță relativ scurtă (între 50 – 80 km.) și pe o lățime de aproximativ 150 km spre deosebire de NVPM (după White și alții, 1987; White și McKenzie, 1989);
- din punct de vedere tectonic, subțierea litosferei este destul de modestă de-a lungul cruste de tranziție.

Marginile continentale non-vulcanice (NVPM) se formează în afara influenței activității camerelor magmatice. Datorită lipsei semnificative de magmatism aceste margini sunt cadrul ideal pentru a studia mecanismul de riftare și break-up-ul continental în special când fundamentul nu este acoperit de o secvență sedimentară groasă.

Modelul conceptual propus de Boillot în 1980 propune separarea NVPM în două părți, distală și respectiv proximală (Fig.2.2.):

- partea proximală este caracterizată de deformarea intensă a litosferei pe o zonă mult mai largă (100-300 km) decât în cazul VPM (Fig. 2.2.) fiind dominată de prezența faliilor normale specifice structurilor extensionale și uneori delimitate de falii listrice cu înclinări mari. Faliile listrice pot afecta atât cuvertura sedimentară cât și zonele crustale mai profunde care au un comportament mai casant, iar în adâncime faliile listrice care au generat bazinul se pierd într-o zonă de decolare, mai ductilă a scoarței (după Dinu și alții, 2007);
- partea distală este caracterizată de o crustă foarte subțire care poate fi separată de crusta oceanică printr-o zonă de manta exhumată. Limita dintre cele două domenii se găsește în punctul în care faliile listrice traversează întreaga crustă și ating mantaua (după Whitmarsh și alții, 2001). Materialul peridotitic serpentinizat situat sub crusta continentală subțiată va deveni manta exhumată dacă procesul de extensie continuă;
- o altă caracteristică comună NVPM este prezența unei zone de tranziție ocean continent (Continent Ocean Transition), mult mai largă decât în cazul VPM, care cuprinde crustă puternic atenuată;
- activitatea vulcanică în crusta superioară este de importanță minoră (partea de est a SUA, Africa de NW, Australia de NW, Goban Spur din SW Irlanda) (după Dinu și alții, 2007);
- aceste margini pot fi slab nutrite („starved margins” - cu sedimente groase de rift groase de 1-2 km) sau puternic alimentate cu sedimente („mature margins” - grosimi ale sedimentelor de

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

post-rift de peste 10 km) care evidențiază astfel un proces de subsidență intens (după Dinu și alții, 2007).

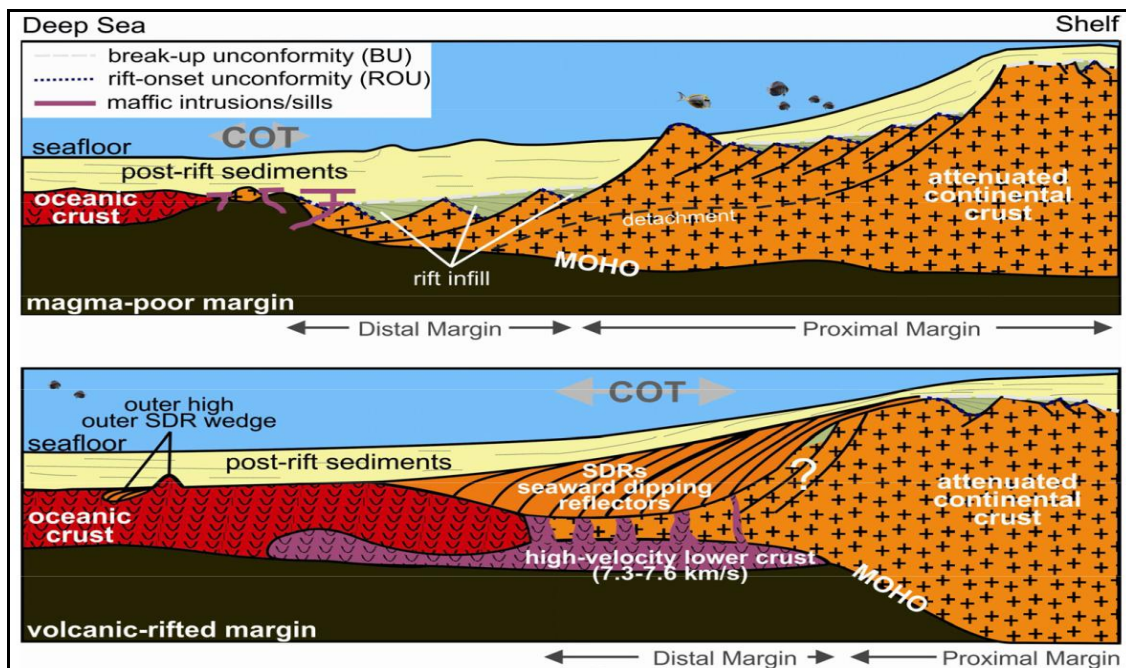


Fig. 2.2. Principalele caracteristici ale marginilor pasive vulcanice versus non-vulcanice (după Franke, D., 2013)

Paleomagnetism. De-a lungul istoriei geologice, intensitatea și polaritatea câmpului magnetic al Pământului se schimbă. Aceste schimbări sunt înregistrate în momentul formării unor anumite tipuri de roci cu un conținut ridicat de minerale cu proprietăți magnetice. Cele mai cunoscute astfel de roci sunt de tipul bazalților puse în loc la dorsala oceanică, bazalte cu o semnătură aparte fiind provenite direct din magme astenosferice care nu sunt contaminate. Pe măsură ce ele sunt puse în loc, continuarea expansiunii face ca acestea să fie îndepărtate de zona centrală a dorsalei cu formarea altor bazalte, formându-se astfel benzi paralele de bazalte din ce în ce mai vechi pe măsură ce ne îndepărtăm de dorsală. Această teorie a fost publicată pentru prima dată de Vine și Matthews în revista Nature.

Datarea acestei succesiuni de benzi care înregistrează poziția și polaritatea polilor magnetici la momentul depunerii lor, este ceea ce definește metoda paleomagnetică. Această metodă a fost aplicată cu succes în stabilirea vârstei oceanelor și a determinării vitezei de expansiune a acestora. Între 1963 – 1967 s-a reușit elaborarea unei prime scări cronomagnetice ce face legătura dintre intervalele de timp geologic și polaritatea câmpului magnetic normală, respectiv inversă (Fig.2.3.).

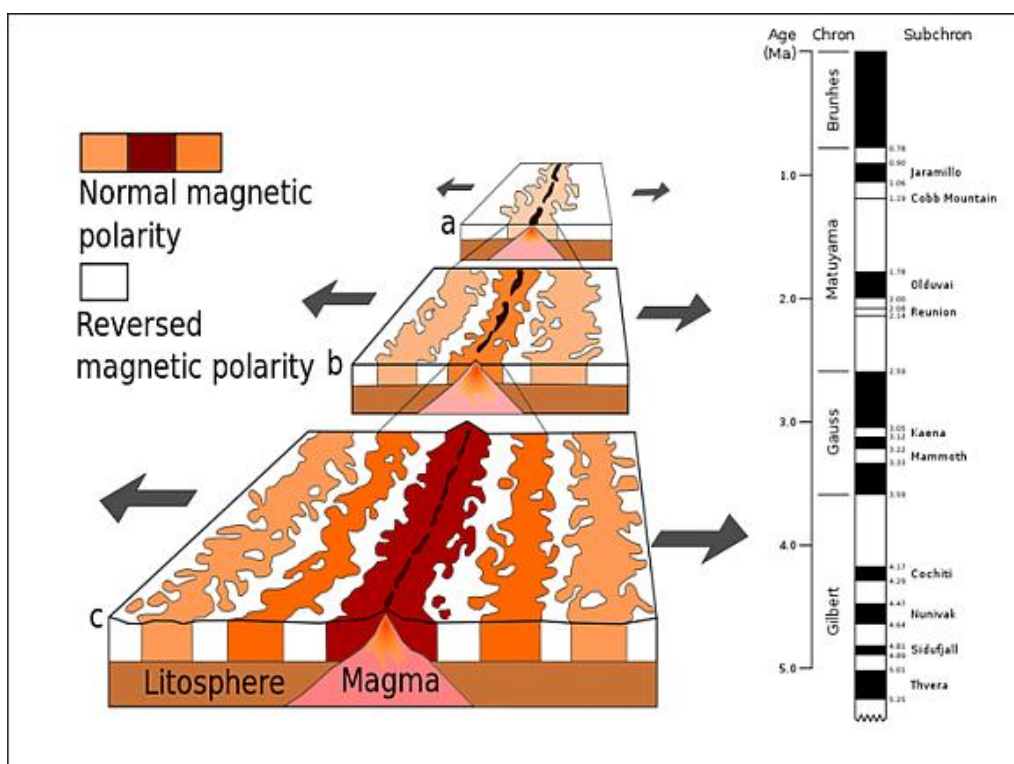


Fig.2.3. Schiță ilustrând formarea benzilor magnetice paralele cu dorsala oceanică, benzi care cu ajutorul paleomagnetismului pot fi datate (www.britanica.com).

Una dintre marile realizări ale paleomagnetismului este obținerea hărților de distribuție a vârstei crustei oceanice. În Fig. 2.4. este reprezentată harta cu distribuția vârstei crustei oceanice. Se poate observa că cea mai veche crustă oceanică este de vârstă Juristic și este localizată în nord-vestul Pacificului (185 Ma.) și în apropierea marginilor Atlanticului Central. Există fragmente mai vechi, de vârstă Triasic, între blocurile continentale din Marea Mediterană (după Frisch și alții, 2011).

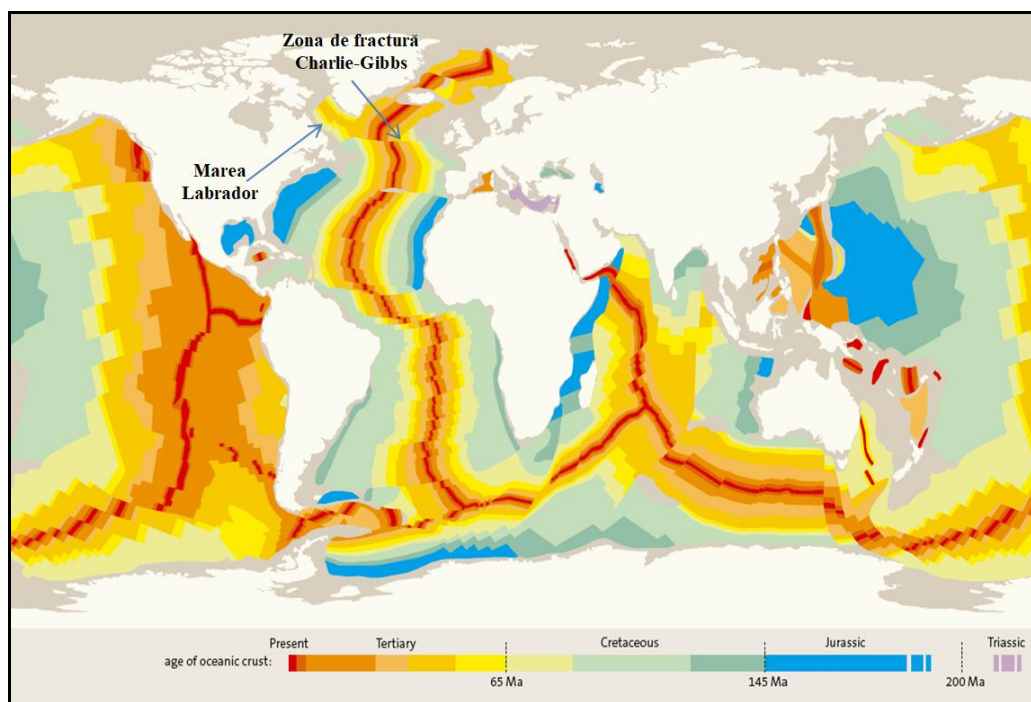


Fig. 2.4. Distribuția vârstei crustei oceanice (după Frisch și alții, 2011).

În ceea ce privește zona studiată metoda paleomagnetice a permis stabilirea vârstei bazinelor, datare corelată și cu rezultatele sondelor, și care a ajutat la o mai bună calibrare a profilelor seismice mai ales în zonele distale ale bazinului unde nu există un control prin sonde. Evident această datare are limitele ei și poate suporta modificări în cazul săpării unor noi sonde care să aducă informații noi. Totuși pentru momentul actual considerăm că aceasta este suficient de precisă.

Reconstrucția începerii expansiunii fundului oceanic în Atlanticul de Nord arată o progradare spre nord din centrul Oceanului Atlantic, începând cu Jurasicul (cca. 175 – 180 Ma).

Cadrul tectonic regional

Reconstrucția plăcilor tectonice din zona Atlanticului de Nord este constrânsă în principal de identificarea anomaliilor magnetice și a zonelor majore de fractură care au apărut în timpul formării de crustă nouă oceanică (Coffin et al, 1992).

Evoluția marginii continentale estice se poate împărți în cinci etape majore de riftare. Începând din sud și progresând spre nord (Fig. 2.5.):

- America de Nord se separă de Africa formându-se Noua Scoție înainte de chron M29 (160 Ma.)
- America de Nord se separă de Iberia formându-se marginea de sud a Newfoundland înainte de chron M3 (125 Ma.).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

- America de Nord se separă de Iberia formându-se marginea de nord a Newfoundland înainte de chron M0 (120 Ma.)
- America de Nord se separă de Groenlanda și se formează marginea Labrador înainte de chron 31 (70 Ma.)
- ultima fază de riftare este separată Groenlanda de Europa proces care începe la scurt timp de chron 24 (55 Ma.)

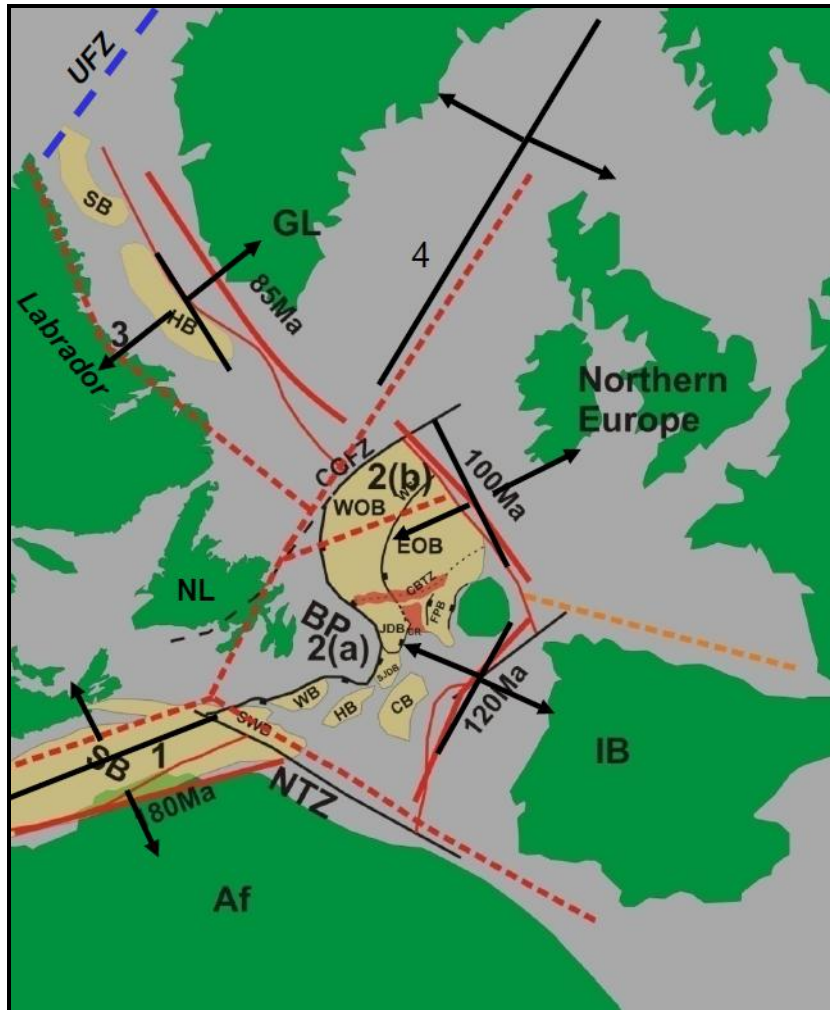


Fig. 2.5. Hartă ce indică deschiderea graduală a Oceanului Nord Atlantic (după Enăchescu și alții, 2005, Lowe și alții, 2007). Abreviații: GL – Groenlanda, IB – Iberia, Af – placa africană, SB – bazinul Saglek, HB – bazinul Hopedale, WOB – bazinul de vest Orphan, EOB – bazinul de est Orphan, JDB – bazinul Jeanned'Arc, FPB – Bazinul Flemish Pass, SJDB – bazinul se sud Jeanned'Arc, CB – bazinul Carson, HS – bazinul Horseshoe, WB – bazinul Whale, SWB – bazinul de sud Whale, SB – bazinul Scotiei, UFZ – zona de falie Ungava, CGFZ – falia transformantă Charlie Gibbs, CBTZ – falia transformantă Cumberland, NTZ – falia transformantă Newfoundland.

De-a lungul timpului au existat mai multe ipoteze privind vârsta începerii și încetării expansiunii cruste oceanice, prezența mantalei exhumate, localizarea limitei de tranziție a cruste oceanice (COT).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Astăzi este acceptat că Marea Labrador, parte a Atlanticului de Nord, s-a deschis acum 145 Ma (Berriasian) ca bazin intra-continental, separând Canada de Groenlanda de Vest (Fig. 2.5.), deschidere marcată de punerea în loc a vulcanitelor alcaline ale formațiunii Alexis și formarea primelor structuri extensionale (Fig.2.6.). Riftarea a continuat de-a lungul Cretacicului inferior și a dus la dezvoltarea bazinelor Saglek, Hopedale și Chindle. Punerea în loc a crustei oceanice, începând cu Chron 31, 100 Ma (Dickie și alții, 2011) a fost marcată de o discordanță majoră, discordanța sin/pre-rift (breakupunconformity) recunoscută la scara întregii margini continentale. În timp ce în zona centrală expansiunea fundului oceanic a continuat până la limita Eocen/Oligocen, Chron 13, în zonele adiacente subsidența termală a dus la instalarea unei margini continentale pasive din Cretacicul superior și acumularea a 10 km de sedimente de vârstă Cretacic Superior - Cuaternar (Dickie și alții, 2011).

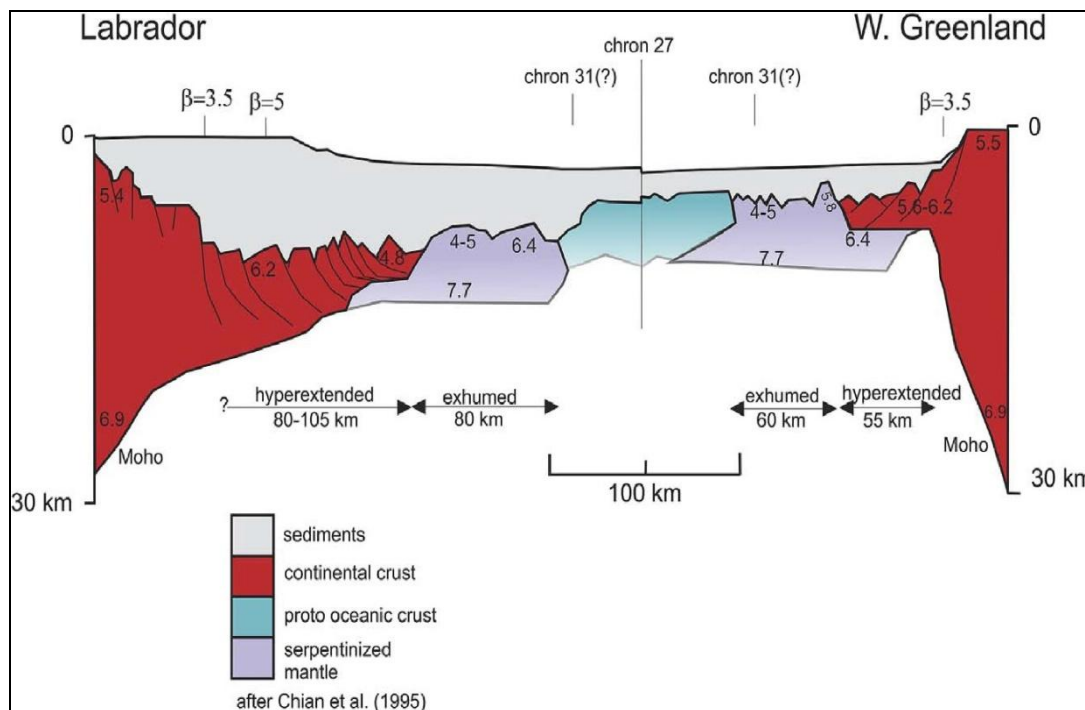


Fig. 2.6. Schiță regională care ilustrează geometria celor două margini conjugate, Labrador și Groenlanda (Cian și alții., 1995a, Keen și alții, 1994). Factorul de extensie β , 3.5 și 5 sunt calculate pe baza profilelor seismice (Keen și alții, 2018).

Rata de expansiune diferită între Sud și Nord, a fost acomodată pe mai multe falii transformante (Fig. 2.5.) de-a lungul cărora au loc schimbări importante în geometria și tipul marginii pasive.

Recent, pe baza informațiilor noi achiziționate și a analizelor detaliate, s-a demonstrat că această margine pasivă este vulcanică în nord (evidențiată de prezența SDR-urilor, care se dezvoltă la Est de bazinul Saglek), iar la sud ea este de tip non-vulcanic.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Noul model conceptual al marginii pasive non-vulcanice a Mării Labrador a derivat din interpretarea integrată a informațiilor din câmpurile potențiale cu linii seismice de reflexie și refracție înregistrate.

Structura adâncă a marginii pasive non-vulcanice Labrador (după *Keen și alții, 1994, Chian și alții, 1995a,b*) evidențiază trei regimuri principale:

- extensie și subțiere de crustă sub șelf, caracterizată de dezvoltarea structurilor clasice de tip semi-graben și falii adânci verticale care taie crusta superioară;
- zona de tranziție, cu o lățime de aprox. 80 km lățime, care pare a fi formată din manta serpentinizată (cu viteze de aproximativ 7,2 km/h) acoperită sau nu de o crustă foarte subțire (grosimi mai mici de 2 km);
- crusta oceanică, delimitată de anomalia magnetică Chron 31 de vârstă Maastrichtian.

Chian în 1995 consideră că există o zonă de tranziție similară pe marginea conjugată a Groenlandei de Vest. Această ipoteză este confirmată/suținută și de studiile recente pe alte margini non-vulcanice unde setul de date seismice de adâncime și rezultatele din forajele ODP au furnizat dovezi puternice a prezenței mantalei continentale serpentinizate sub zona de tranziție (după *Dickie și alții, 2010*).

Litostratigrafia marginii de șelf a Mării Labrador

Primele informații legate de geologia șelfului Mării Labrador au apărut la începutul anilor 1960, în urma achiziției unui set de date geofizice care a indicat prezența unei secvențe sedimentare groase de-a lungul șelfului. A urmat o perioadă intensivă de investigații geologo-geofizice a acestei marginii continentale pasive pe baza cărora au fost săpate și primele sonde de cercetare.

Cea mai nouă coloană litostratigrafică a șelfului Mării Labrador (Fig. 2.7.) a fost prezentată de *Dickie K. (2011)* în urma unui studiu regional complex realizat pe baza integrării unei rețele seismice regionale cu noi date biostratigrafice bazate pe analiza palinomorfelor din sondele săpate în Bazinul Hopedale și Saglek. În cadrul acestei teze va fi folosită nomenclatura propusă de *McWae* în 1980 și revizuită de *Dickie K.* în 2011.

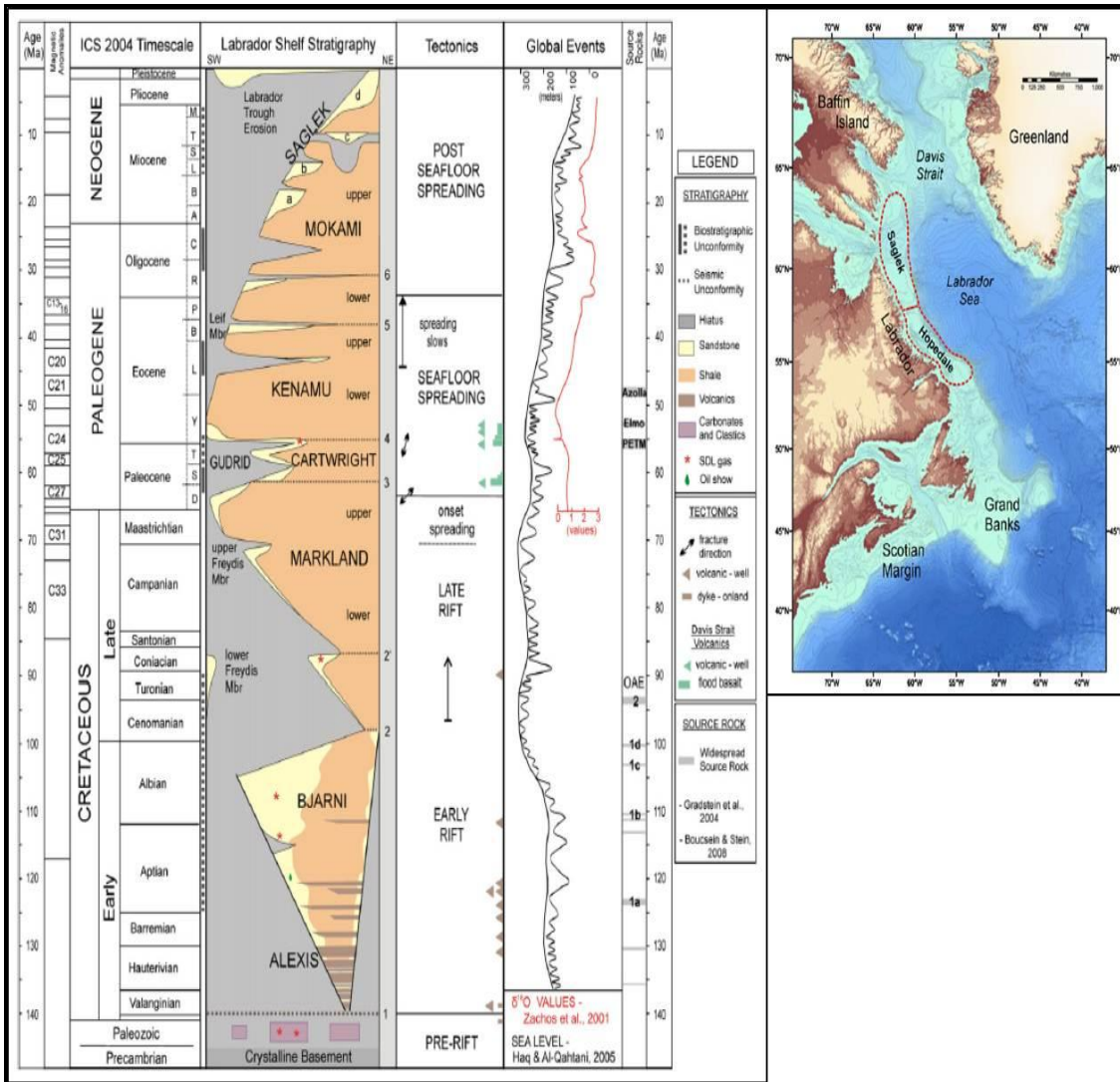


Fig. 2.7. Coloană lito - stratigrafică cu prezentarea evenimentelor tectonice majore (după Dickie K. și alții, 2011).

Fundamentul (Precambrian – Paleozoic Inferior). Arhitectura fundamentului este în strânsă legătură cu etapele de evoluție ale marginii continentale estice a Canadei, fiind rezultatul repetatelor episoade orogenice. Fundamentul este alcătuit atât din roci magmatice și metamorfice de vârstă Precambrian în zona provinciilor Grenville, Makkovik și Nain precum și din depozite clastice și carbonatice de vârstă Paleozoic, datate Ordovician (după Enăchescu, 2011).

Rocile de vârstă Paleozoic sunt răspândite atât în zona acvatorială cât și sub depozitele de vârstă Mezozoic și Cenozoic ce aparțin acestei margini continentale pasive (Fig. 2.8.). Sondele săpate în zona de offshore au interceptat atât o platforma clastic-carbonatică nemetamorfozată precum și secvențe clastice metamorfozate și vulcanice care pot conține intruziuni granitoidice paleozoice. Aceste secvențe sunt local acoperite de evaporite, carbonați și depozite clastice (după Bell și Howie, 1990).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

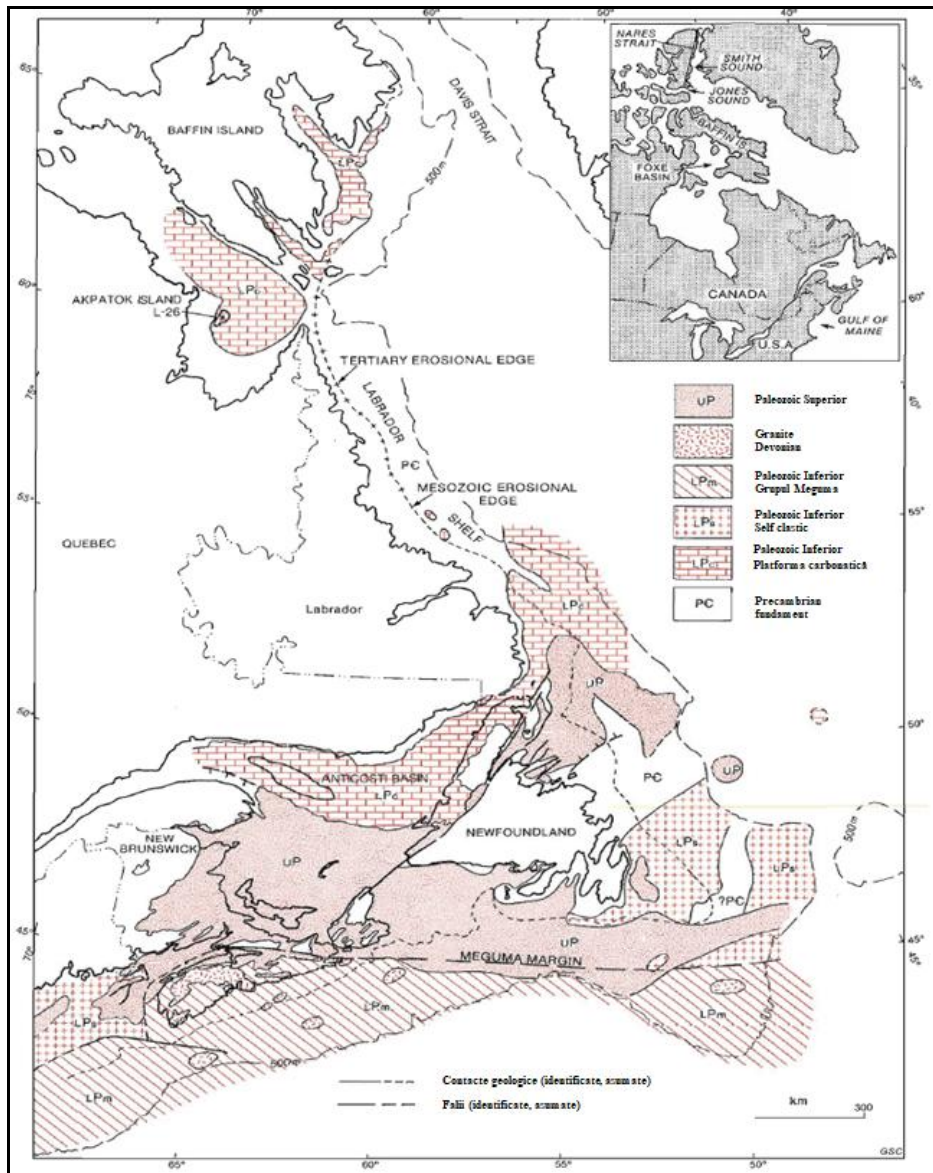


Fig. 2.8. Distribuția rocilor Paleozoice pe marginea continentală estică a Canadei (după Bell și Howie, 1990).

Depozitele de vârstă Paleozoic Superior afloră spre fundul oceanului în zona Golfului Notre Dame ce aparține de Newfoundland și includ diapire de sare într-o secvență ce se extinde spre nord sub depozitele mezozoice. Sedimente clastice continentale de vârstă Pennsylvanian au fost deschise de sondele Verrazano L-77 și Hare-Bay H-31 (Fig. 2.9) după Bell și Howie, 1990).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

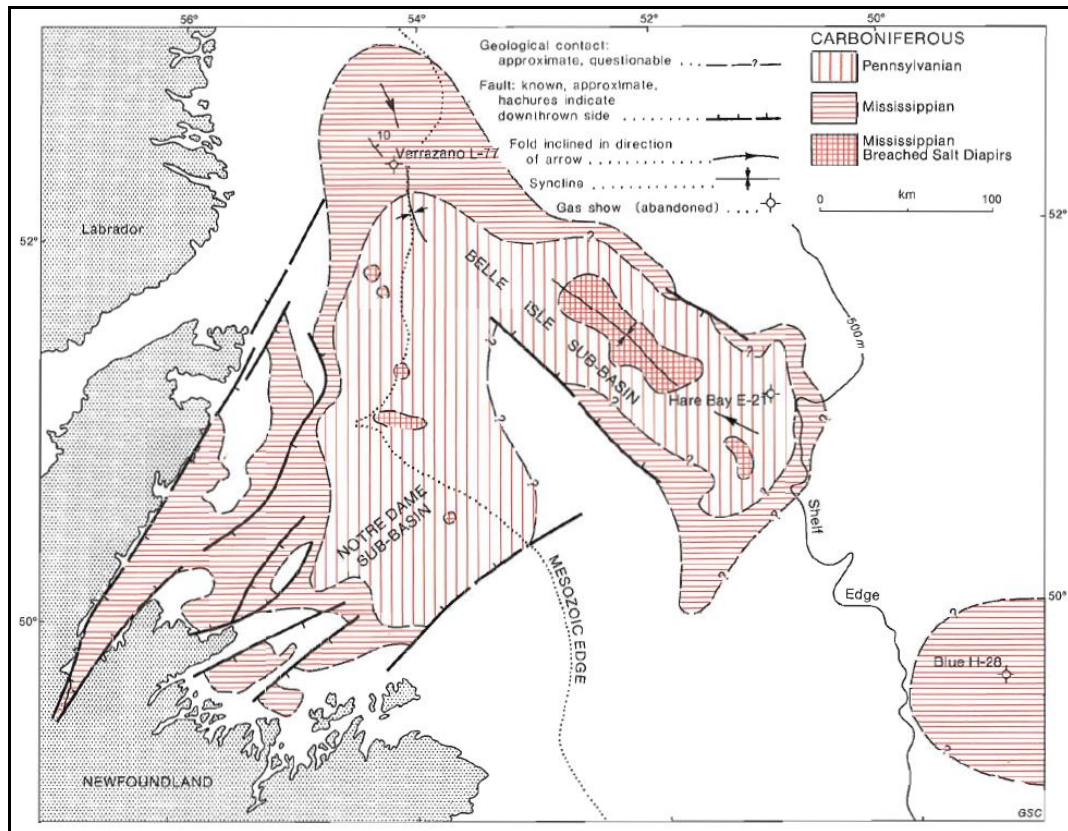


Fig. 2.9. Distribuția depozitelor de vârstă Carbonifer în bazinul St. Anthony (după Bell și Howie, 1990).

În partea de sud a șelfului Mării Labrador, depozitele mezozoice se întind peste o platformă carbonatică de vârstă Paleozoic Inferior (Fig. 2.8.). Paleozoicul carbonatic este considerat o parte remanentă a Platformei Cambro - Ordoviciene din Bazinul Anticosty și acoperă o parte a Bazinului Hopedale (sondele Hopedale E-33 și Gudrid H-55 au testat gaze) (din presă, după GNL, 2000). Din punct de vedere litologic, depozitele paleozoice sunt alcătuite din dolomite compacte de culoare gri deschis foarte fin cristalizate acoperite local de marne și siltite calcaroase (Balkwill, 1987).

Calcarele și dolomitele prezente în sondele Gudrid H-55 și Roberval K-92 au fost datate ca aparținând Westphalian D / Stephanian, iar calcarele din sondele Freydis B-87, Indian Harbour M-52 aparțin Ordovicianului (după Bell și Howie, 1990).

Secvența interceptată în parte de jos a sondei Freydis B-87 (75 m) este alcătuită din calcare micritice de culoare gri deschis până la maro închis cu intercalații fine de argile și a fost depusă într-un mediu marin. Din punct de vedere palinologic, se încadrează în perioada Caradoc - Inferior Ashgill – Ordovician Superior și este cunoscută drept „calcarele Freydis” (după Jenkins, 1984).

Sonda Hopedale E-33 a interceptat o secvență subțire de calcare cu gaze de vârstă Ordovician care sunt depuse peste depozitele metamorfice datate Precambrian (Fig. 2.7). Analiza de carote a

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

indicat un calcar maro deschis, microcristalin peletoidal cu fragmente abundente de cochilii mici pe câteva intervale ce includ ostracode, brahiopode și gastropode datate Ordovician (după Jenkins, 1984).

Sonda Gudrid H-55 a interceptat și ea o secvență groasă de dolomite cu gaze (141,4 m) ce este depusă peste granitele presupuse precambriene. Vârsta dolomitelor din sonda Gudrid H-55 este destul de controversată datorită gradului ridicat de diageneză. Barrs și alții, în 1979, au considerat că dolomitele aparțin Wesphalian-ului (prezența unor spori bine conservați), în timp ce Jenkins (1984) considera spori contaminati.

Formațiunea Alexis (Berriasian - Albian). A fost definită de Umpleby, după Golful Alexis situat în sudul Coastei Labrador. Cele mai vechi roci mezozoice ale șelfului Marii Labrador aparțin formațiunii Alexis (după Umpleby, 1979). Bazaltele formațiunii Alexis au fost interceptate de 7 sonde din Bazinul Hopedale (Balkwill, 1987). Conform lui McWhae și Michel (1975), formațiunea Alexis se întinde sub sedimentele de vârstă Cretacic. Sub această formațiune se găsește fundamentul Precambrian, cu excepția zonelor în care secvențele clastice și carbonatice ale Paleozoicului au fost conservate.

Din punct de vedere litologic, formațiunea Alexis este alcătuită în principal din roci vulcanice bazice atât alterate cât și nealterate. Secundar, conține intercalații argiloase, soluri lateritice și gresii (după Ainsworth și alții, 2014; McWae, 1980). Secvența este intens modificată de activitatea hidrotermală și eroziune, de aceea culoarea variază foarte mult: de la culori deschise (gri deschis, gălbui, verzui, roșiatice) până la culori foarte închise (neagră, brună sau violet).

Vârsta acestei formațiuni a fost destul de controversată, datarea lavelor efectuată de diverse companii, folosind metoda K-Ar obținând variații de la 104₋+5 Ma. până la 139₋+7 Ma. Ultima încadrare a acestei formațiuni a fost stabilită de McWhae și alții în 1980 care consideră ca aparține Berriasian - Albianului (intervalul 118 Ma. - 122 Ma.).

Formațiunea Bjarni (Valanginian/Hauterivian – Albian/Cenomanian). Este numită neoficial de McWhae și Michel în 1975, „nisipurile Bjarni” după numele sondei Bjarni H-81 în care au fost interceptate pentru prima dată.

Depozitele formațiunii Bjarni pot fi divizate în două unități litofaciale (Fig.2.14). Secvența inferioară este continentală și predominant feldspatică, litică, cu intercalații de cărbuni, parțial conglomeratică. Este o secvență progradatională, coarseningupward (cu granulație de la fin spre grosier), cuarțos arenitică, cu porozitate intergranulară ce variază între 13-25 % (McWhae, 1980).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Secvența superioară este o succesiune parțial marină dominată de nisipuri, argile, siltite, marne și depozite carbonatice ce conțin fosile marine de apă puțin adâncă.

Numai câteva sonde au penetrat cele două unități ale formațiunii Bjarni. În sonda North Leif I-05, secvența superioară are o grosime de 400 m, iar cea inferioară de 350 m. Secțiunea tip este reprezentată de sonda Herjolf M-92, cu o grosime totală de 1153 m din care 75% este reprezentată de gresii (McWhae, 1980).

Pe baza datărilor palinologice (Total Eastcan, Petro-Canada și Barss și alții, 1979), vârsta Formațiunii Bjarni a fost atribuită intervalului Barremian – Albian (McWhae, 1980) sau Hauterivian/Valanginian – Albian/Cenomanian. Pe baza datelor biostratigrafice disponibile, topul formațiunii poate trece local în Cenomanian (după Balkwill, 1987; Ainsworth, 2016).

Membrul Snorri (Barremian). În cadrul formațiunii Bjarni din sonda Snorri J-90 săpata în bazinul Saglek a fost identificată o secvență de 18 m grosime (între 3045 și 3027m) alcătuită din șisturi siltice și filme subțiri cărbunoase cu abundență de resturi vegetale, definită ca Membrul Snorri. Imediat sub această secvență există un interval de 16m grosime cu o radioactivitate foarte ridicată ce conține aproximativ 2 m de cărbuni intercalați cu șisturi siltice cu granulații medii și argiloase negre-cenușii (Fig.2.19). Aceste argile radioactive au fost datate palinologic ca aparținând perioadei Valanginian - Barremian și fac parte din secvența inferioară a formațiunii Bjarni (după Umpleby, 1979).

Formațiunea Markland (Cenomanian – Paleocen Inferior/Seldanian). A fost definită oficial de McWae în 1980 după Insula Markland – nume dat de vechii exploratori scandinavi actualului Labrador.

Formațiunea Markland este una din unitățile litostratigrafice cu cea mai mare răspândire în zona de șelf a Mării Labrador. Din analiza datelor seismice și a celor din sonde au fost individualizate două unități distincte. Complexul inferior, ce aparține intervalului Cenomanian - Maastrichtian (după Ainsworth, 2016), alcătuit din marne, șisturi silice și foarte puține siltite și gresii intercalate cu straturi subțiri de calcare dolomitice. Acest complex conține atât faună continentală cât și marină, predominantă în topul secvenței (după Balkwill, 1987). Complexul superior de vârsta Paleocen Inferior – Seldanian (după Ainsworth, 2016) este în principal alcătuit din marne siltice gri închis de origine marină.

Membrul Freydis (Santonian – Maastrichtian Inferior). A fost identificat prima dată de Total Eastcan și apoi propus oficial și descris de Umpleby în 1979. Este reprezentat în principal de

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

gresii cenușii, de la fin spre mediu sortate și gresii arcoziene slab sortate cu matrice argiloasă. Secundar se găsesc intercalații de siltite și șisturi, alături de pirită, siderit și glauconit. Porozitatea medie este de 15% în gresiile mai puțin cimentate.

A fost intens disputat de Umpleby și McWhae în sonda Freydis B-87. Umpleby îl consideră parte a Formațiunii Cartwright și îl definește pe intervalul 1734 m – 1789m având o grosime de 55m. În 1980, McWhae și alții consideră gresiile de vârstă Cretacic Superior dezvoltate în sonda Freydis B-87 pe intervalul 1731m – 1875m (grosime de 144m) parte a formațiunii Markland. În urma unui studiu complex efectuat de Ainsworth și alții în 2016 Membrul Freydis din sonda Freydis este restrâns la intervalul 1728 – 1776 fiind datat Santonian Inferior - Coniacian.

Formațiunea Cartwright (Paleocen/Seldanian – Paleocen/Thanetian). Numele formațiunii a fost folosit inițial de Total Eastcan pentru șisturile Paleocen – Eocen Inferior situate deasupra discordantei Bylot. Ulterior a fost restrânsă de Umpleby în 1979 numai pentru secvența Terțiară (Fig. 2.14).

Formațiunea este reprezentată de argile brun cenușii, argile siltice și siltite alături de intercalații carbonatice brune cu urme de glauconit, pirită și mică. Subordonat se găsesc intercalații subțiri de gresii slab sortate (după McWhae, 1980; Ainsworth, 2016).

Formațiunea Cartwright este mai groasă în centrul Bazinului Saglek unde grosimea acestor depozite poate să depășească 2500 m. În sonda Rut H-11 formațiunea atinge o grosime de 913 m în timp ce în Sona Gjoa G-37 depășește 1500 m dar sunt incluse și curgerile bazaltice prezente în zona de șelf a golfului Baffin. În Bazinul Hopedale formațiunea este mult mai subțire atingând valori de 364 m în sonda Roberval K-92.

Membrul Gudrid (Paleocen/Seldanian – Paleocen/Thanetian). Această unitate arenitică a fost identificată și numită oficial de Umpleby în 1979, după sonda Gudrid H-55 săpată în Bazinul Hopedale. Cu o grosime de 210,5 m (între 2178,5 m – 2389 m), secvența este foarte bine dezvoltată fiind dominată de nisipuri și gresii feldspatice și cuarțoase. Tipul de ciment este predominant dolomitic în jumătatea inferioară a secvenței (Fig. 2.14). Glauconit și urme de cărbuni pot fi întâlniți local, deși se crede că prezența fragmentelor de cărbuni din carote este de tip detritic (după McWae, 1980).

În cadrul bazinului Saglek, Membrul Gudrid se întinde chiar până în nordul bazinului unde sunt înregistrate grosimi de 86 m în sonda Hekja O-71 și 30 m în Raleigh N-13 (după Balkwill și alții, 1990).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Nisipurile Membrului Gudrid sunt mult mai bine dezvoltate în bazinul Hopedale. Sonda Roberval K-92 săpata în sudul bazinului interceptează un interval de 324 m grosime. Secțiunea caracteristică acestui membru este propusă în sonda Cartier D-70 unde este înregistrată o secvență de 112 m grosime care este separată de o intercalație de argile pe intervalul 1763 m – 1795 m (după McWhae și alții, 1980).

Formațiunea Kenamu (Paleocen/Ypresian – Paleocen/Bartonian). Numele oficial al acestei formațiuni este dat de McWhae în 1980, după râul Kenamu din Labrador.

Formațiunea este alcătuită în principal din marne brun cenușii siltice de origine marină, șisturi, siltite și gresii fine cu straturi de calcar sau glauconit (Fig.: 2.13 și 2.14). Din integrarea datelor seismice cu informațiile din sonde au fost identificate două unități faciale. Secvența inferioară este o secvență de tip coarsening-upward dominată de marne brune și șisturi argilos – calcaroase. Sunt prezente de asemenea și calcare dolomitice micro - cristaline. Secvența superioară conține argile și șisturi argiloase în partea inferioare precum și intercalații de marne și gresii fine.

Formațiunea este răspândită atât în bazinul Hopedale cât și în bazinul Saglek unde poate atinge o grosime de până la 2200 m (din informațiile seismice) (după Balkwill, 1990). În sonda Pothurst P-19, săpată în sudul bazinului Saglek, a fost interceptată pe o grosime de 808 m, în timp ce în nordul bazinului se ajunge la o grosime de 850 m în sonda Hekja O-71 și 1170 m în sonda Raleigh N-18. În bazinul Hopedale grosimea formațiunii este redusă de obicei sub 750 m. Este întâlnită însă și o grosime maximă de 1028 m în sonda India Harbour M-52 situată în extremitatea sud-estică a bazinului (după Ainsworth și alții, 2016).

Membrul Leif (Eocen Mediu, Bartonian). Nisipurile Leif au fost identificate de McWhae și Michel în 1975 și atribuite unei secvențe subțiri de 41 m grosime interceptată în sonda Leif M-48. Este alcătuită din gresii cuarțoase, bine sortate, brun cenușii, adesea glauconitice precum și intercalații de marne și argile.

Secțiunea reprezentativă este descrisă în sonda Leif M-48 pe intervalul 1257 m – 1298 m cu o porozitatea medie de aproximativ 30%.

Membrul Roberval (Eocen Mediu, Bartonian). În 2016, Ainsworth identifică un al doilea membru arenitic în sonda Roberval K-92 pe intervalul 2048 m – 2129 m. Cu o grosime medie între 20 m și 50m, membrul aparține de secvența superioară a formațiunii Kenamu.

Secțiunea reprezentativă este descrisă în sonda Gudrid H-55 pe intervalul 1907,5 m – 1966 m și este alcătuită din argile și aleurite brun cenușii, foarte bine sortate. Secundar sunt prezente gresii

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

argiloase fine, secvențe subțiri de calcare și dolomite cu intercalații de argile. Acest membru este întâlnit numai în bazinul Hopedale unde atinge o grosime maximă de 58,5 m în sonda Gudrid H-55.

Formațiunea Mokami (Eocen Superior/Priabonian – Oligocen Superior/Chattian). Numele oficial este dat de McWhae în 1980, după dealurile Mokami din Labrador.

Formațiunea Mokami este dominată în principal din argile neritice și șisturi argiloase, brun-gălbui, foarte fine, parțial consolidate. Sunt prezente atât intercalații fine de siltite, gresii alb-gălbui, nesortate, friabile, gresii calcaroase și calcare cât și debrite cu glauconit, pirită și resturi de moluște. În sondele Ogmund E-72 și Snorri J-90 au fost identificate în situ fragmente granitice, piroxeni și hornblendă (după McWhae, 1980; după Ainsworth și alții, 2016).

În 1990, Balkhill consideră necesară separarea secvenței în membrul superior și membrul inferior, alocând unitatea mai argilooasă membrului inferior. În bazinul Saglek sunt observate gresii de la mediu spre bine sortate atât în membrul superior cât și în cel inferior.

Vârsta formațiunii Mokami nu este suficient de bine argumentată, deoarece nu au fost puse în evidență foraminifere planctonice în aceasta secțiune. Gradstein și Berggren (trimis spre publicare) sugerează Oligocen Inferior – Miocen Mediu, dar se poate extinde până în Eocen (după McWhae, 1980). Autorii ultimului studiu din 2016 (Ainsworth și alții) atribuie formațiunea intervalului Priabonian/Eocen Superior – Chattian/Oligocen superior.

Formațiunea Saglek (Pliocen Inferior/Zanclean – Pleistocen). A fost inițial definită de Umpleby în 1979, după Golful Saglek din partea nordică a Labradorului și redefinită de McWae în 1980.

Din punct de vedere litologic, formațiunea este alcătuită din gresii grosiere neconsolidate, șisturi silicioase (cherturi) feldspatice de culoare albă spre gri deschis, gălbui închis spre portocaliu sau gri-maronii. Sunt slab sortate, de la fin către grosier, conglomeratice, cu un conținut abundent de fragmente de cochilii, lignit, glauconit și subordonat intercalații de siltite și argile (după McWae, 1980).

Formațiunea este larg răspândită în ambele bazine. Grosimea maximă interceptată în bazinul Saglek a fost de 2423,5 m în sonda Pothurst P-19. În cadrul bazinului Hopedale, grosimea variază între 300 și 600 m, cu excepția a două sonde săpate pe marginea estică a bazinului în zona de șelf distal respectiv margine de taluz.

Vârsta acestei formațiuni este incertă. Conform corelărilor paleontologice realizate de Total Eastcan, Petro-Canada, s-a considerat că cel mai probabil aparține perioadei Miocen Mediu / Superior până la Pliocen, (după Umpleby, 1979; McWhae; 1980). Din ultimele date și considerații

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

publicate de Ainsworth și alții în 2016, formațiunea aparține intervalului pliocen Inferior/Zanclean – Pleistocen.

Evoluția tectono-stratigrafică a bazinului oceanic Labrador

Marea Labrador este un bazin oceanic mic, relativ tânăr, de aproximativ 900 km lățime situat între Groenlanda și America de Nord și care se deschide la sud-est în Oceanul Nord Atlantic. Înțelegerea geologiei regionale s-a schimbat substanțial de la începutul anilor 1990.

Marginea Labrador este un excelent exemplu clasic de margine pasivă „tip Atlantic”. Dintre atributele care ajută în considerarea acestei margini ca una de tip pasiv putem aminti (după Enăchescu, 2011):

- un șelf continental larg, aproape plan și un taluz foarte abrupt;
- șelful extern (distal) și panta sunt reprezentate printr-o prismă groasă ce se afundă spre mare alcătuită din sedimente clastice de vârstă Terțiar și Cretacic Superior;
- prezența geometriilor de tip demi-graben/horst rezultate ca urmare a extensiei crustei continentale în faza de riftare; aceste jumătăți de grabene sunt umplute cu roci vulcanice și un sedimentar de vârstă Cretacic inferior;
- lipsa unei compresii laterale semnificative, deși există câteva structuri extensional-compresional modificate;
- existența unui vulcanism timpuriu (formațiunea Alexis);
- prezența unui segment de crustă de tranziție în zona de apă adâncă ce include curgeri bazaltice, intruziuni, peridotite și peridotite serpentinizate;
- tranziție graduală către crusta oceanică identificată de aliniamentele magnetice.

De-a lungul timpului au existat mai multe ipoteze privind evoluția bazinului Labrador. Inițial a fost împărțită în 3 mega-sevențe: faza de rift (formațiunea Alexis, Bjarni și Markland inferior - membrul Freydis), faza de drift (Markland, Cartwright, Kenamu) și post-drift (formațiunile Mokami și Saglek) (după Balkwill and McMillan, 1990).

Rafinarea acestui model s-a îmbunătățit în ultimii ani și astăzi autorii ultimului studiu complex al marginii continentale a Mării Labrador descriu evoluția bazinului în trei etape majore (Fig. 2.7.): faza de pre-rift, faza de rift și faza de expansiune a crustei oceanice. Ei au identificat totodată în sonde și datat șase discordanțe majore și au recunoscut alte câteva pe datele seismice. Cele mai vechi discordanțe (de vârstă Cretacic) sunt legate de tectonica fazei de rift și de expansiunea crustei oceanice și pot delinia începutul diferitelor stadii ale procesului de riftare. În perioada Paleocen – Eocen Inferior dezvoltarea discordanțelor a fost influențată de episodul de vulcanism datorat trecerii hotspotului proto-Iceland de la nord și la o schimbare majoră în direcția expansiunii din Marea Labrador (după Dickie K. și alții, 2011). Autorii au observat că aceste discordanțe sunt identificabile atât în offshore-ul sud-vestic al Groenlandei cât și în Grand Banks, ceea ce sugerează un mecanism larg ce controlează expansiunea.

1. Faza de pre-rift

Depozitele acumulate înainte de formarea bazinului extensional sunt alcătuite din roci cristaline de vârstă Precambrian precum și porțiuni/segmente păstrate din șelful Paleozoic de-a

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

lungul marginii sud-vestice. Aceste segmente sunt alcătuite din depozite clastice și carbonatice care formează rezervoare foarte bune (de amintit descoperirea semnificativă prin sonda Gudrid H-55) (după Balkwill și McMillan, 1990). Discordanța care separă faza de pre-rift de cea de rift este reprezentată în Fig. 2.7. și este una din discordanțele proeminente majore fiind cunoscută ca discordanța Labrador.

2. Faza de rift

Faza de rift a dominat Cretacicul inferior, iar secvențele sedimentare sunt exclusiv depozite intracontinentale. Umplutura bazinelor de rift începe cu rocile vulcanice ale formațiunii Alexis ce includ curgeri de lavă bazaltică și roci vulcanoclastice asociate cu subțierea crustei. Depozitarea sedimentelor a continuat cu un influx de roci clastice ce includ nisipuri aluviale arcozice, microconglomerate, cărbuni și argile lacustre ale formațiunii Bjarni. Faza inițială de riftare, dominată de falii de creștere la scară largă, a încetat în Cretacic mediu (Cenomanian) fiind identificată o discordanță regională care a îndepărtat o cantitate considerabilă de sedimente de vârstă Cretacic inferior depuse pe ridicările majore. Acest material a fost redepozitat în părțile cele mai adânci ale grabenelor în perioada Cenomanian - Coniacian când a avut loc o altă fază de eroziune. Discordanța de la nivelul Coniacianului este mai bine evidențiată în zonele adânci. Diferențierea dintre cele două discordanțe este dificilă în zona de ridicări și a condus la confuzii legate de vârsta topului formațiunii Bjarni (după Dickie și alții, 2010).

Acumularea depozitelor secvenței de syn-rift de vârstă Cretacic inferior a început într-un mediu non-marin (continental) și a devenit marginal marin spre lagunar (costier de tranziție) sau chiar marin la nivelul Albianului (după Dickie și alții, 2011).

Formațiunea Markland reprezintă tranziția dintre faza de riftare și expansiunea crustei oceanice. Partea inferioară a formațiunii Markland a fost depozitată când riftul a migrat din zona de șelf sub panta continentală și zona abisala și reprezintă o fază de subsidență termală pasivă fiind caracterizată de lipsa faliilor normale de extensie care au afectat numai formațiunea Bjarni.

Această formațiune este dominant argiloasă, fiind destul de subțire și uneori chiar absentă pe zonele de ridicare. Membrul Freydis (nisipurile Markland) a fost depozitat în șelful proximal în principal în bazinul Saglek și spre nord, în timp ce secvența superioară a formațiunii Markland cu sedimente de vârstă Campanian – Santonian este depusă în zona de apă adâncă (după Dickie și alții, 2010).

3. Faza de expansiune a crustei oceanice

Transgresiunea de la nivelul Campanian – Maastrichtian corespunde unei rate de creștere a subsidenței (din analiza sondelor săpate în bazinul Hopedale) și poate reprezenta începutul expansiunii crustei oceanice în sudul Mării Labrador și subsecvent răcirea accentuată litosferică din zona de șelf (după Dickie și alții, 2011). Topul formațiunii Markland a fost datat Seldanian (după Williams, 2007, a, b, c, d, e) și formează o discordanță deasupra căreia este depusă concordant formațiunea Cartwright, respectiv membrul Gudrid. De Silva în 1999 interpretează nisipurile Gudrid ca material erodat și redepozitat al formațiunii Markland.

Trebuie menționată prezența la scară largă a erupțiilor de curgeri bazaltice din zona David Strait care a avut loc în Seldanianul inferior precum și în Thanetian - Ypresian. Vulcanismul din Thanetian coincide cu deschiderea părții nordice a Atlanticului de Nord și cu o schimbare majoră în direcția de

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

expansiune a Mării Labrador, între Chron 25 și Chron 24 (de la direcția NE-SW înainte de Chron 25 spre direcție NNE-SSW la Chron 24) (după Dickie și alții, 2011).

Discordanța de la topul formațiunii Cartwright este asociată cu acest eveniment (Fig. 2.7.) și formează un reflector puternic în unele zone. Umplerea bazinului continuă cu depunerea formațiunii Kenamu în timpul unei alte transgresiuni majore din Eocen care încetează în Lutetian (după Dickie și alții, 2011).

După încetarea expansiunii crustei continentale a început o subsidență termală în Oligocen – Miocen, când au fost depozitate formațiunile Mokami și Saglek (după Pulvertaft, 2001).

În **Capitolul III, INTERPRETAREA DATELOR SEISMICE ȘI DE SONDĂ**, sunt calibrate profilele seismice cu informațiile din sondă, sunt prezentate șapte profile seismice regionale interpretate, sunt descrise caracteristicile seismo-stratigrafice ale secvențelor sedimentare și sunt analizate elementele și stilurile structurale evidențiate pe rețeaua de profile seismice 2D interpretată.

Analiza modelului tectono-stratigrafic al marginii vestice a Mării Labrador a fost realizată în urma interpretării integrate a peste 24500 km liniari de profile seismice 2D (TWT) și a informațiilor provenite din 20 de sonde săpate în zona de șelf a Mării Labrador.

Pentru a oferi o imagine de ansamblu a marginii vestice a Mării Labrador din totalul de 56 de profile seismice interpretate au fost selecționate pentru exemplificare 7 profile seismice regionale care acoperă atât zona de pantă cât și zona de apă adâncă (Fig. 3.1).

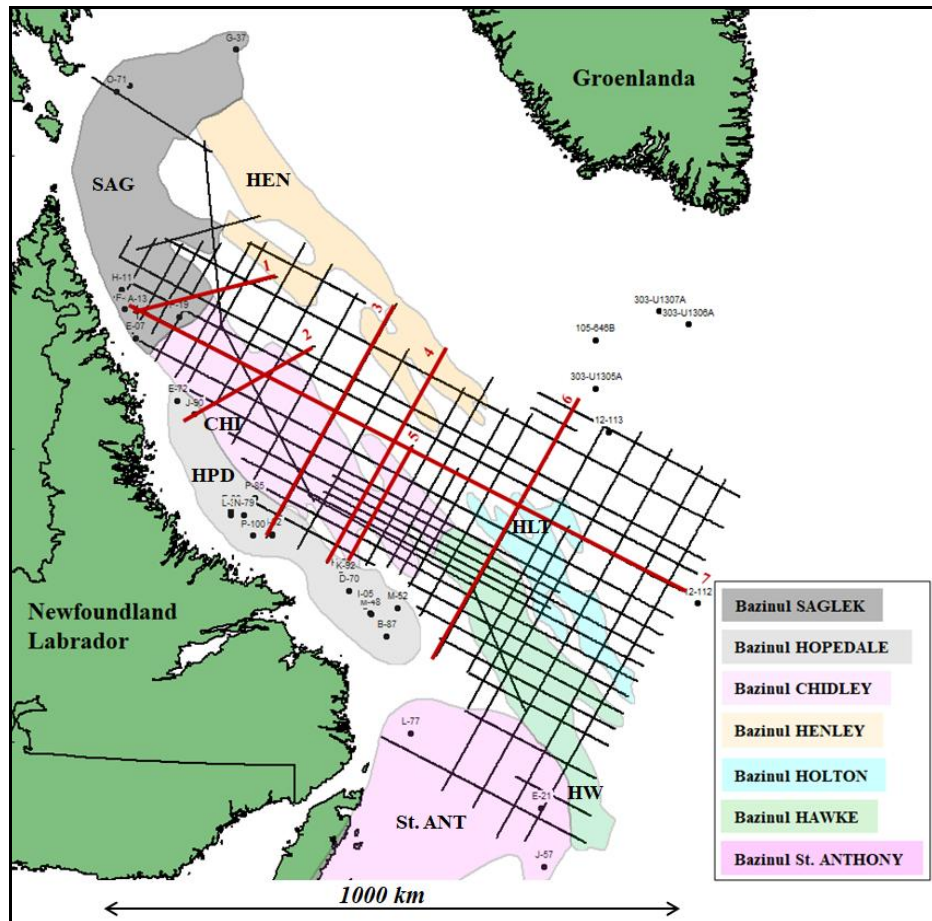


Fig.3.1. Plan de situație cu poziționarea profilelor seismice prezentate în lucrare și configurația bazinelor vechi (Saglek și Hopedale) alături de noile bazine identificate de NALCOR (Chidely, Henley, Holton și Hawke) (după Carter și alții, 2013).

Calibrarea profilelor seismice cu informațiile din sonde

Calibrarea informațiilor din sonde cu profilele seismice este o etapă esențială în analiza seismo-stratigrafică. Obiectivul acestui subcapitol a fost obținerea unui cadru cronostratigrafic coerent care să stea la baza extrapolării unităților stratigrafice majore din zona de șelf, unde au fost interceptate de către mai multe sonde, către zona de apă adâncă.

Din totalul de 21 de sonde disponibile pentru acest studiu au existat numai 6 sonde localizate în apropierea profilelor seismice care au permis generarea seismogramelor sintetice și calibrarea cu repere geologice. Seismogramele sintetice au fost generate folosind modulul SynPak ce aparține softului Kingdom Suite.

Caracteristicile seismo-stratigrafice ale secvențelor depuse în bazinul Mării Labrador

Morfologia bazinelor precum și stratigrafia depozitelor sedimentare sunt în strânsă legătură cu evenimentele extensionale majore din Cretacic care au condus la formarea actualei structuri a Mării Labrador.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

Modelul seismo-stratigrafic din această lucrare a fost elaborat pe baza integrării noii rețele de profile seismice de reflexie cu datele din sondele săpate pe șelf în care au fost identificate unitățile stratigrafice de ordinul II și corelate cu cadrul tectonic regional. Principiile seismicii stratigrafice enunțate în 1977 de către Vail, Mitchum și Sheriff (după Vail și alții, 1977, Sheriff, 1977) au stat la baza acestei analize.

Una din provocările acestei teze a fost de a corela regional și de a extinde unitățile tectono-stratigrafice din zona de șelf (cunoscută din investigațiile în sondele săpate) prin zona de pantă către zona de apă adâncă. Această interpretare a fost constrânsă/controlată și de hărțile gravimetrice și magnetice care au avut un rol esențial.

În interpretarea seismo-stratigrafică a formațiunilor ce alcătuiesc sedimentarul Mării Labrador s-au folosit 10 orizonturi seismice: Fundamentul, topul formațiunii Bjarni (Cretacic inferior), topul formațiunii Markland (Cretacic superior), topul formațiunii Cartwright (Paleocen), topul formațiunii Lower Kenamu (Eocen inferior-mediu), topul formațiunii Upper Kenamu (Eocen superior), topul formațiunii Lower Mokami (Oligocen superior), topul formațiunii Upper Mokami (Miocen mediu), topul formațiunii Saglek (Miocen superior), Seabed.

Analiza elementelor structurale identificate pe profilele seismice de reflexie

Interpretarea structurală a celor 24500 km liniari de seismică de reflexie a fost constrânsă și calibrată cu ajutorul datelor din sondă dar și prin integrarea datelor gravimetrice și magnetometrice care au permis identificarea și delimitarea principalelor elemente tectonice precum și a principalelor bazine (Fig. 3.2.).

Zona studiată se întinde peste marginea continentală pasivă la Vest și până peste Ridge-ul oceanic spre Est, traversând astfel trei tipuri crustale majore: continental, tranziție (sau continentală subțiată) și oceanică, care influențează dezvoltarea și geometria bazinelor formate începând cu Cretacicul inferior datorită extinderii spre Nord a oceanului Atlantic. Așa cum este normal pentru o margine continentală pasivă arhitectura ei este dată de grosimea importantă a cuverturii sedimentare dinspre dorsală spre continent, ceea ce duce la forma generală de prismă bi-vergentă mai groasă în zona crustei de tranziție și mai subțire spre ocean și continent (Fig.3.2.).

Pornind de la Vest spre Est primele două bazine, Saglek și Hopedale sunt localizate peste crusta continentală, bazinul Hawke peste o crusta super extinsă; bazinele Chidley și Holton sunt dezvoltate în cea mai mare parte peste o crustă continentă de tranziție, dar parțial și peste crustă oceanică sau peste zona de tranziție continent/ocean (COT în Fig. 3.2.).

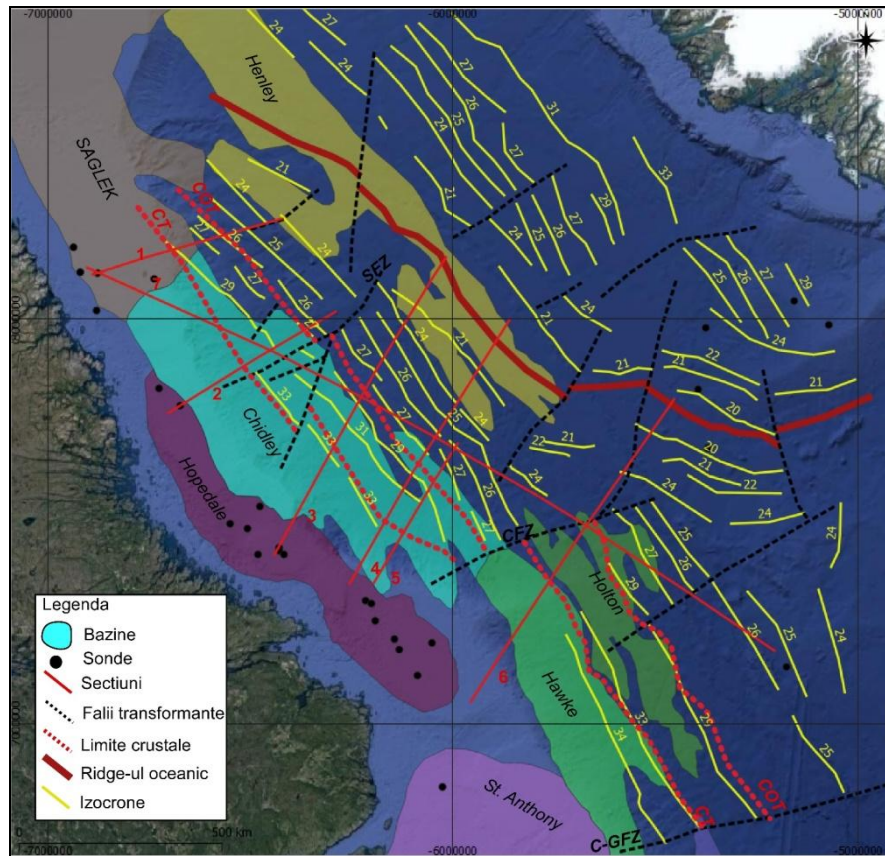


Fig.3.2. Harta regionala ilustrând principalele bazine din zona studiată, peste care au fost trasate izocronone și limitele crustale după Dickie et al. 2011 și Gouiza&Paton, 2019. CT - Continentală-tranziție, COT - tranziție-oceanică. SFZ - Zona de fractură Snorri, CFZ - Zona de fractură Cartwright, C-GFZ – Zona de fractură Charlie-Gibbs.

Bazinul Henley este în întregime localizat pe un fundament oceanic (Fig. 3.2). Toate bazinele sunt orientate NV-SE, aliniată așa cum este normal perpendicular pe axa principală de riftare și paralele cu dorsala oceanică (Fig.3.2.). Spre dorsala așa cum este de așteptat bazinele devin din ce în ce mai tinere. Primele bazine formate sunt cele pe crusta continentală, Saglek, Hopedale, de vârstă Cretacic inferior, asociate cu prima fază extensională, continentală. Vârsta acestor bazine este constrânsă pe baza depozitelor prismelor din acoperișul faliiilor normale (Fig.3.4. Continuarea extensiei cu întinderea și subțierea crustei continentale a dus la dezvoltarea detachmenturilor regionale cu exondarea crustei inferioare (core-complex) în zona crustei de tranziție (Fig.:3.3., 3.4. și 3.6.). Subsidența termală instalată imediat după duce la extinderea spre Est a bazinelor Saglek și Chidley și deschiderea bazinelor Holton și Hawke (Fig.:3.8. și 3.9.). Ultimul bazin format și cel mai estic, Henley, este legat de formarea crustei și instalarea dorsalei oceanice (Fig.:3.5. și 3.6.). Vârsta acestui bazin este constrânsă pe baza izocronelor și a corelării cu sondele săpate în zona de șelf, astfel cel mai probabil este Eocen inferior (Fig.:3.3. – 3.6.).

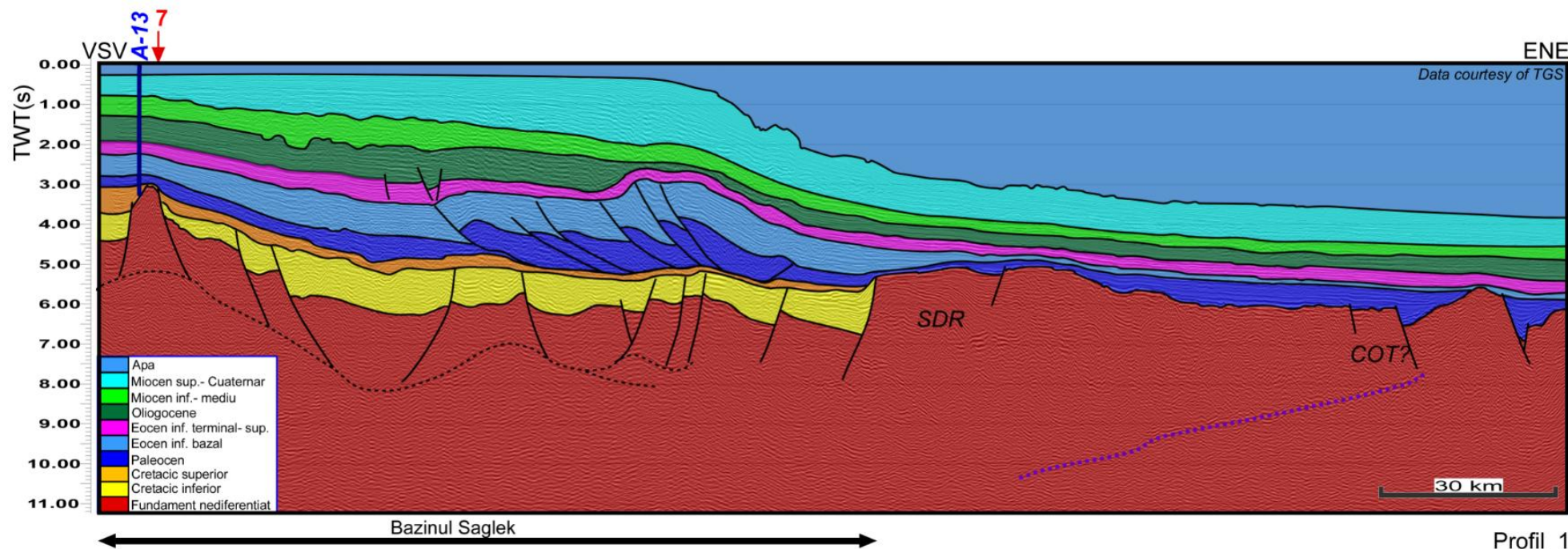


Fig. 3.3. Profilul seismic nr.1 orientat VSV - ENE ce traversează bazinul Saglek. Localizare în Fig. 3.2. Lungimea profilului este de 250 km. Observați de asemenea prezența SDR (sewarddippingreflectors) imediat la N de limita bazinului. Liniile negre punctate reprezintă detachementurile principale în crusta continentală. Linia punctată mov poate reprezenta suprafața Mohorovici a crustei continentale. COT - Tranziția crustă continentală/oceanică.

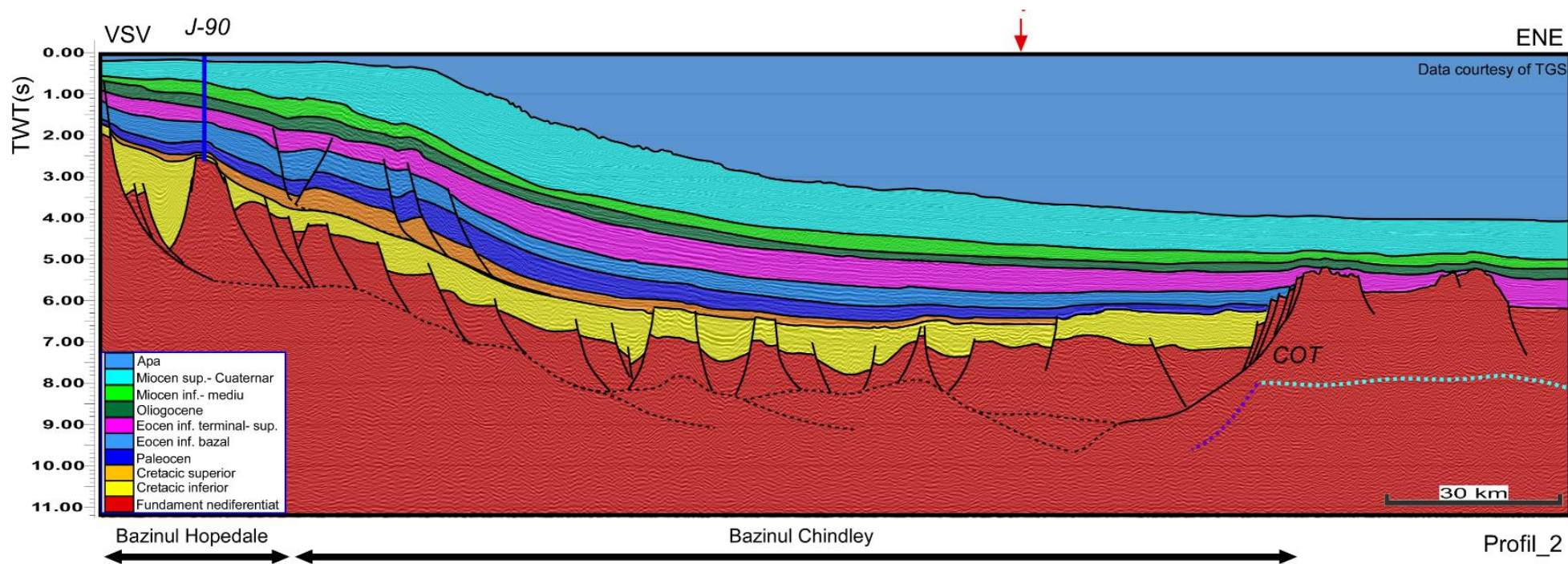


Fig. 3.4. Profilul seismic nr.2 orientat VSV - ENE ce traversează bazinele Hopedale și Chindley. Localizare în Fig. 3.2. Lungimea profilului este de 255 km. Liniile negre punctate reprezintă detachmenturile principale din crusta continentală. Linia punctată albastră reprezintă suprafața Mohorovici a crustei oceanice, în timp ce linia mov punctată ar putea reprezenta suprafața Mohroviici continentală la trecere ei spre crusta oceanică. COT-Tranziția crustă continentală /oceanică.

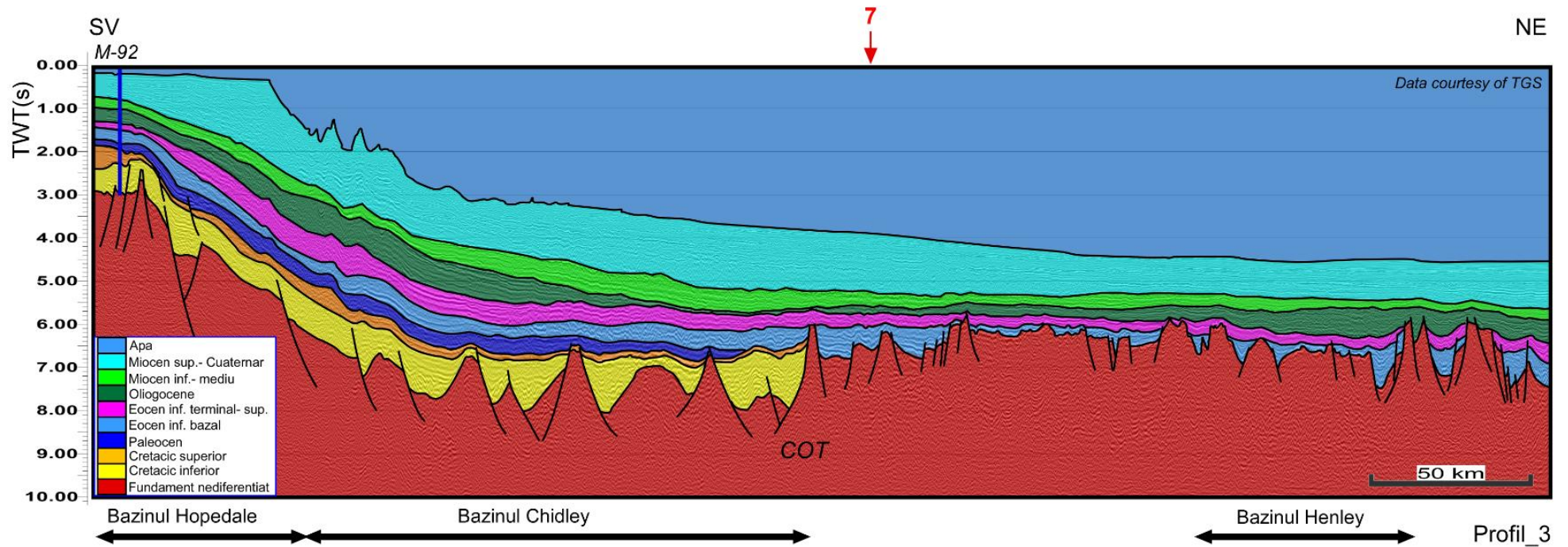


Fig. 3.5. Profilul seismic nr.3 orientat SSV - NNE ce traversează bazinele Hopedale, Chilli și Henley. Localizare în Fig. 3.2. Lungimea profilului este de 460 km. COT – Tranziția crustă continentală/oceanică.

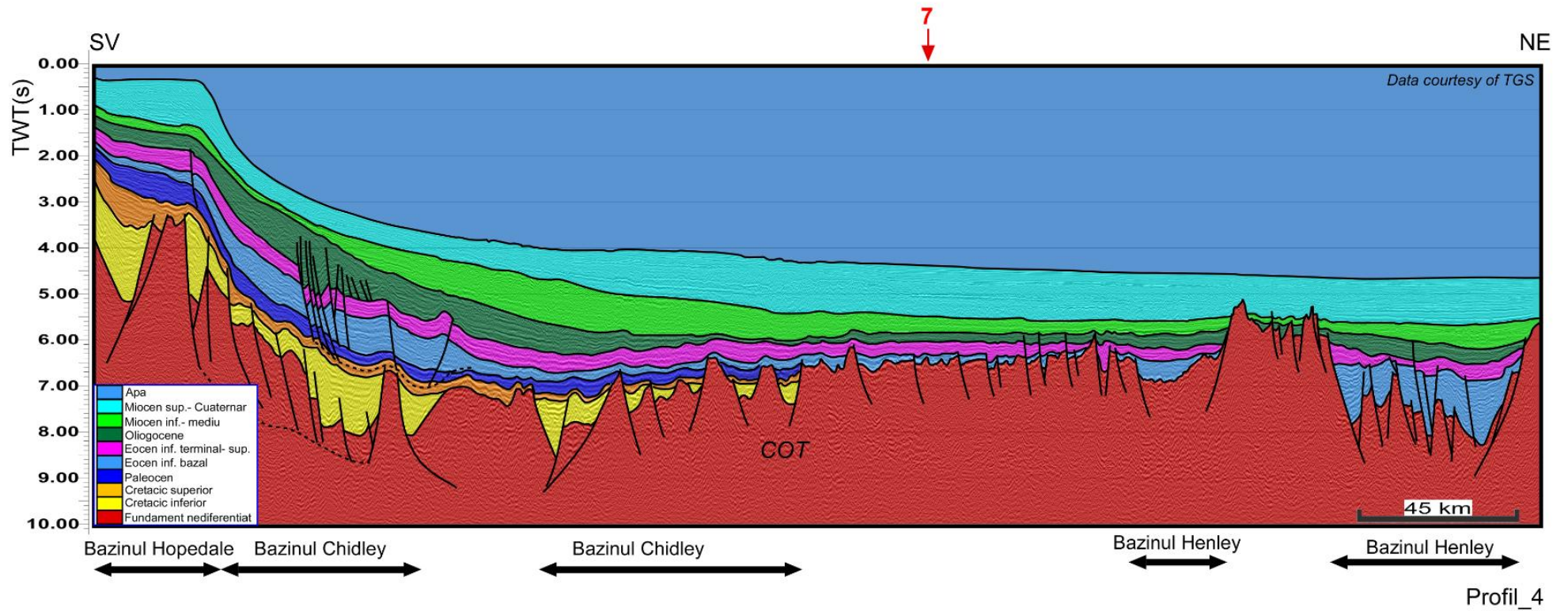


Fig. 3.6. Profilul seismic nr.4 orientat SSV - NNE ce traversează bazinele Hopedale, Chilli și Henley. Localizare în Fig. 3.2. Lungimea profilului este de 422 km. COT - Tranziția crustă continentală/oceanică.

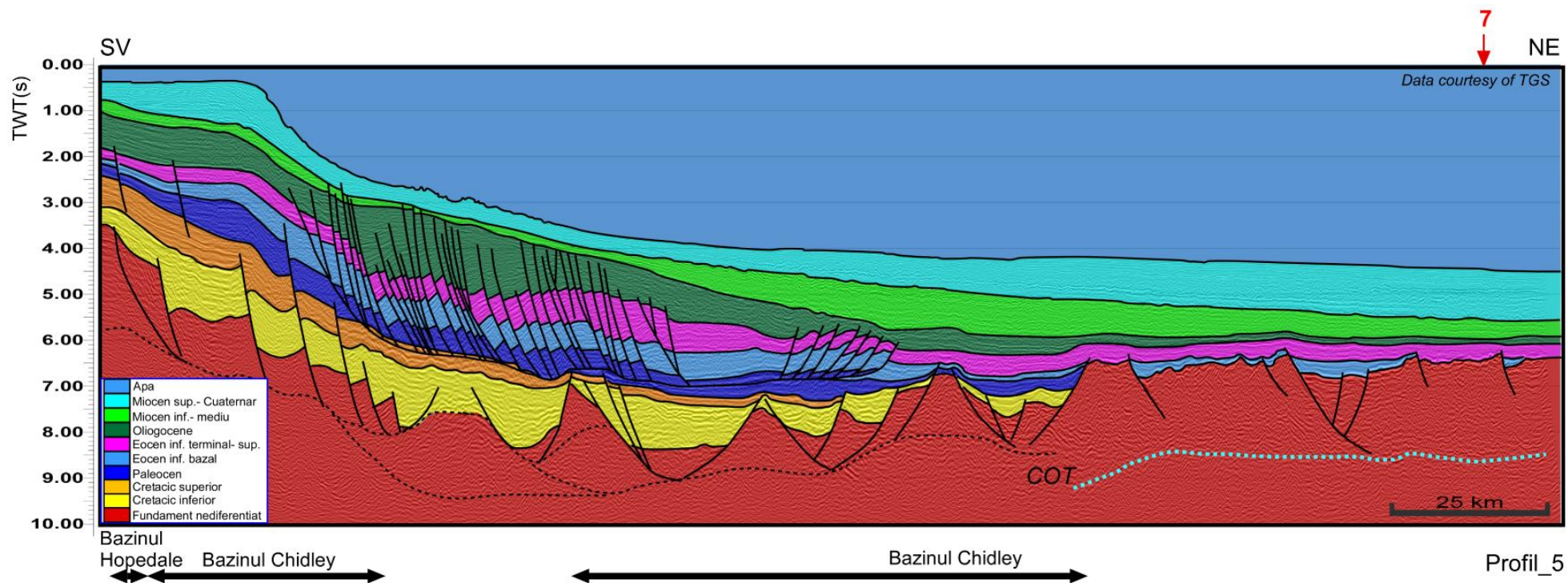


Fig. 3.7. Profilul seismic nr.5 orientat SV - NE ce traversează bazinele Hopedale și Chidley. Lungimea profilului este de 228 km. Localizare în Fig. 3.2. COT - Limita continent - ocean. Liniile negre punctate reprezintă detachmenturile principale. Linia albastră punctată reprezintă suprafața Mohorovičić pentru crusta oceanică. Tranziția crustă continentală/oceanică.

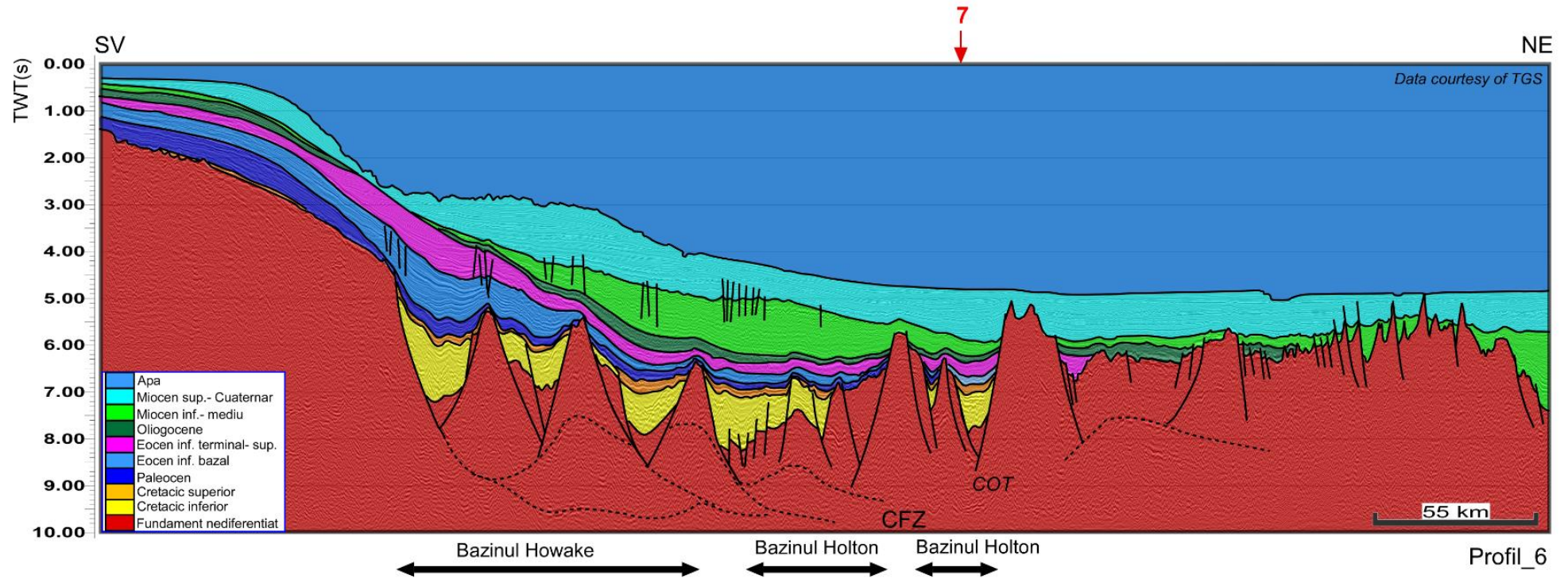


Fig. 3.8. Profilul seismic nr.6 orientat SV - NE ce traversează bazinele Howake și Holton. Localizare în Fig. 3.2. Lungimea profilului este de 515 km. Partea nordică a profilului traversează dorsala oceanică. Liniile negre punctate reprezintă detachmenturile principale. CFZ- Zona de Fractură Cartwright, COT - Tranziția crustă continentală/oceanică.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier

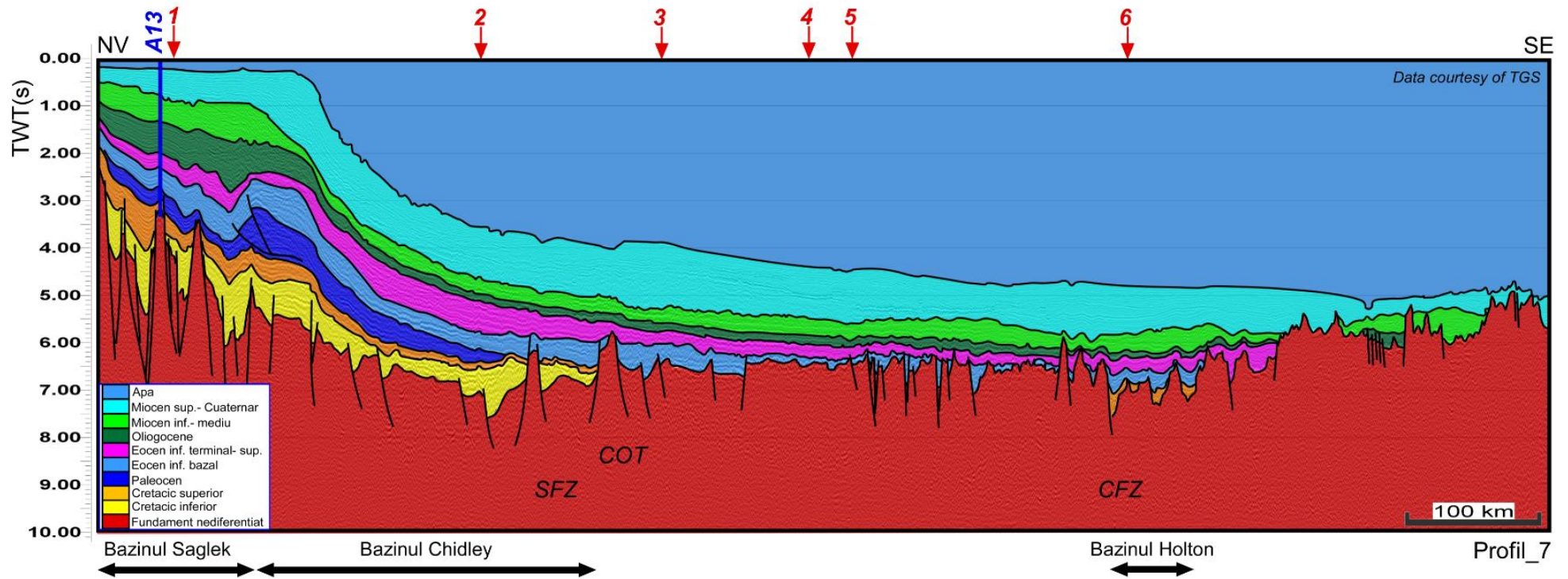


Fig. 3.9. Profilul seismic nr.7 orientat NV -SE ce traversează bazinele Saglek, Childley și Holton. Localizare în Fig. 3.2. Lungimea profilului este de 1070 km. CFZ- Zona de Fractură Cartwright, COT - tranziția crustă continentală/oceanică, SFZ-Zona de Fractură Snorri.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolifer.

În **Capitolul IV, SISTEMUL PETROLIFER**, sunt prezentate elementele sistemului petrolifer și sunt descrise în detaliu atât play-urile dovedite cât și cele evidențiate în zona de pantă continentală și zona de apă adâncă.

Cu o rată de succes de 25%, marginea pasivă a Mării Labrador este considerată o remarcabilă zonă de frontieră (după Enăchescu, 2007 și 2011, Floistad și alții, 2015).

În perioada activă de explorare, între 1970 și 1980, pe șelful Mării Labrador au fost achiziționați peste 200000 km. liniari de seismică 2D și au fost săpate 30 de sonde în bazinele Hopedale și Saglek. Prezența acumulărilor de gaze a indicat că în zona de șelf au fost create condițiile necesare formării și prezervării hidrocarburilor prin existența unui sistem petrolifer funcțional.

Descoperiri în zona de șelf

Într-o perioadă în care cercetările erau concentrate pe descoperirile de țiței celeşase descoperiri de gaze de-a lungul șelfului Mării Labrador au apărut ca o surpriză. Numai în Bazinul Hopedale au fost estimate resurse de peste 3 Tcf. prin sondele: Bjarni H-81 (0,9 Tcf.) și NorthBjarni (2,2 Tcf.), Gudrid H-55 (0,9 Tcf.), Snorri J-90 (0,1 Tcf.) și Hopedale E-33 (0,1 Tcf.) (după Drummond, 1998, De Silva, 2003; Enăchescuși Fagan, 2005 a și b) (Tabelul 3.1).

Offshore Labrador / Nunavut			
Bazinul Hopedale – offshore Labrador			
Descoperire	Rezervor	Resursă recuperabilă	Anul
Bjarni H-81	nisipurile formațiunii Bjarni (Cretacic inferior)	0.9 Tcf. gaze; 31 MMBbbls. NGLs	1973
North Bjarni F-06	nisipurile formațiunii Bjarni (Cretacic inferior)	2.2 Tcf. gaze; 82 MMBbbls. NGLs	1980
Gudrid H-55	dolomitic (Paleozoic inferior)	0.9 Tcf. gaze; 6 MMBbbls. NGLs	1974
Snorri J-90	Nisipurile membrului Gudrid (Paleocen)	0.1 Tcf. gaze; 2 MMBbbls. NGLs	1975
Hopedale E-33	nisipurile formațiunii Bjarni (Cretacic inferior), dolomitic (Paleozoic inferior)	0.1 Tcf. gaze; 2 MMBbbls. NGLs	1978
Bazinul nord Saglek – offshore Nunavut			
Descoperire	Rezervor	Resursă recuperabilă	Anul
Hekja O-71	nisipuri de vârstă Paleocen/Eocen	rezervă/ rată de curgere 2.3 Tcf. gaze / 106.3 bbls/d NGLs	1979

Tabelul 3.1. Resursa recuperabilă din zona de șelf a Mării Labrador. Sursa: www.gov.nl.ca/nr. Observați că unitățile de măsură din tabel sunt în sistem internațional.

Resursa de gaze estimată până acum pentru această margine de frontieră se ridică la 22 Tcf. (după Drummond, 1998, Bell și Campbell, 1990, Enăchescu, 2006).

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier.

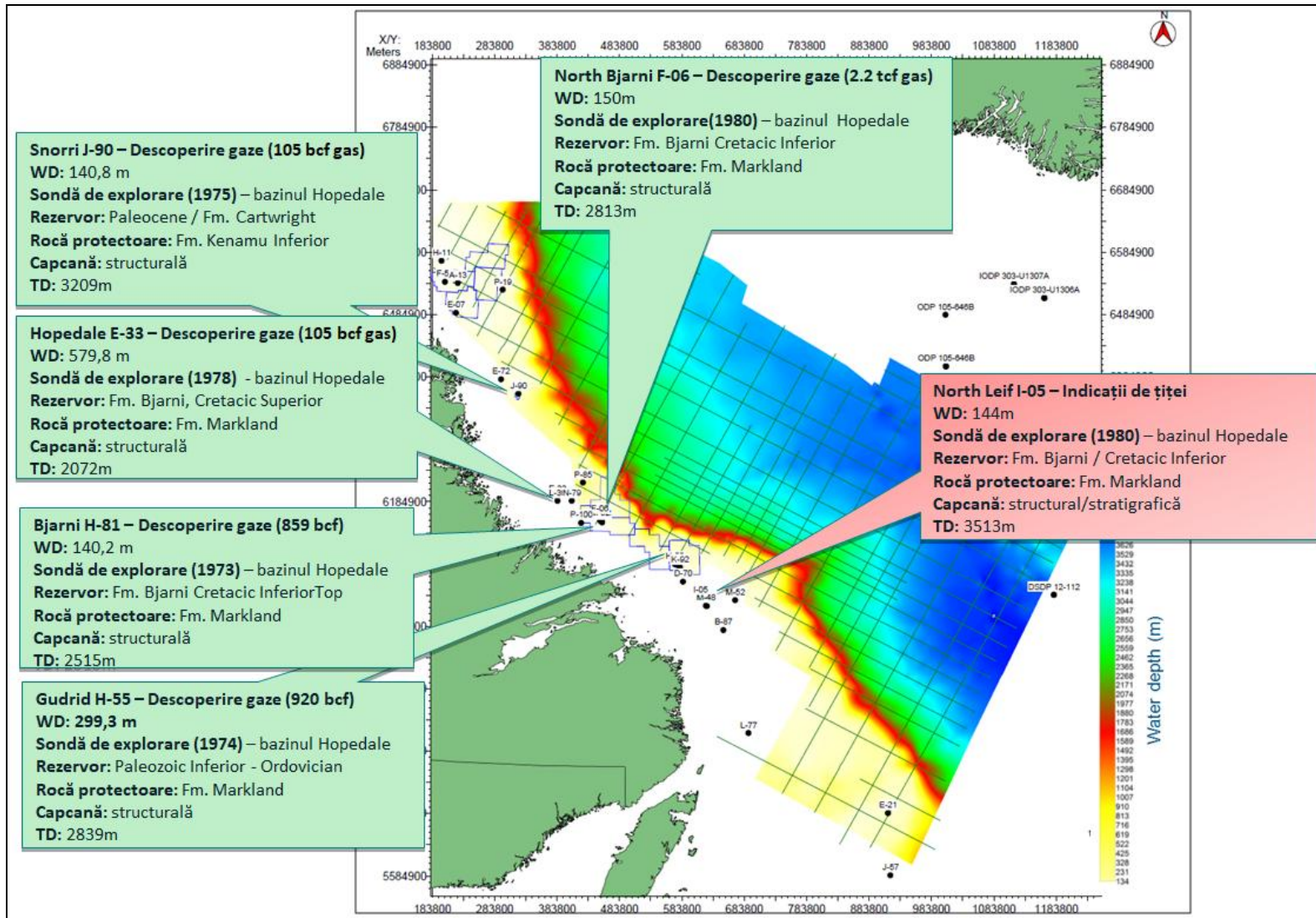


Fig. 4.1. Amplasarea descoperirilor și a sondelor cu indicații în zona de studiu.

Play-uri dovedite la nivelul Paleocenului și al Cretacicului

Tipurile de capcane evidențiate, atât în secvența de syn-rift cât și în secvența de post rift, sunt: asociate cu setul de falii normale dezvoltate în faza de syn-rift care au condus la formarea de horsturi și demi - grabene, capcane de compactare diferențiată/mularea nisipurilor pe ridicările de fundament, capcane stratigrafice asociate efilărilor de strate tip pinch-out și onlap. Rocile sursă sunt reprezentate de argilele mature ale formațiunilor Bjarni și Markland. Rezervoarele sunt gresiile formațiunilor Bjarni, Markland, Cartwright, respectiv membrii Freydis, Gudrid, Leif. Roca protectoare este reprezentată de argilele intra-formaționale de vârstă Cretacic și Terțiar.

Play dovedit la nivelul Ordovicianului (Paleozoic inferior)

Capcana pentru acest tip de play a fost una combinată: bloc rotit faliat (tilted block) peste care se găsesc mulțite depozite carbonatice remanente de vârstă Ordovician. Rezervorul este reprezentat de dolomite cu un net pay de 64 de m (după Enăchescu, 2008). Roca protectoare este reprezentată de argilele intra-formaționale de vârstă Cretacic și Terțiar.

Interpretarea integrată a seturilor de date disponibile a permis ca la nivel regional să se construiască play-urile conceptuale pentru noile bazine descoperite:

Play-uri conceptuale syn-rift (Chidley, Hawke și Holton (Fig. 4.2. și 4.3.))

Acest play este asociat cu extensia din faza de riftare. Majoritatea capcanelor sunt asociate blocurilor faliat (*tilted fault blocks*), respectiv anticlinale faliat, cute de mulaj pe ridicările de paleorelief. Capcanele stratigrafice sunt reprezentate de terminații pe falii sau pe ridicări ale paleoreliefului. Principalele rezervoarele sunt reprezentate de gresiile formațiunii Bjarni, respectiv Markland, iar roca sursă este asigurată de argilele formațiunii Bjarni care au fost dovedite în zona de șelf. Rocile protectoare sunt reprezentate de argilele intra-formaționale de vârstă Cretacic și Terțiar.

Play-uri conceptuale post-rift (Chidley, Hawke și Holton (Fig. 4.2. și 4.3.))

Play-ul este asociat fazei de expansiune a crusteioceanice. Capcanele reprezentative și dintre cele mai atractive sunt faliile de creștere listrice cu lentilele de nisip încastrate, respectiv structurile tip roll-over, precum și anticlinalele de tip toe-thrust. Stratigrafic, au fost puse în evidență: lobi turbiditicidistali, cute de mulaj ale nisipurilor Terțiare pe ridicări de paleorelief, terminații laterale pe ridicări, turbidite proximale. Rocile rezervor sunt asigurate de nisipurile bine dezvoltate din formațiunile Cartwright și Kenamu, în timp ce roca sursă este reprezentată de formațiunea Bjarni sau și potențiale Markland și Cartwright.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații în sistemul petrolier.

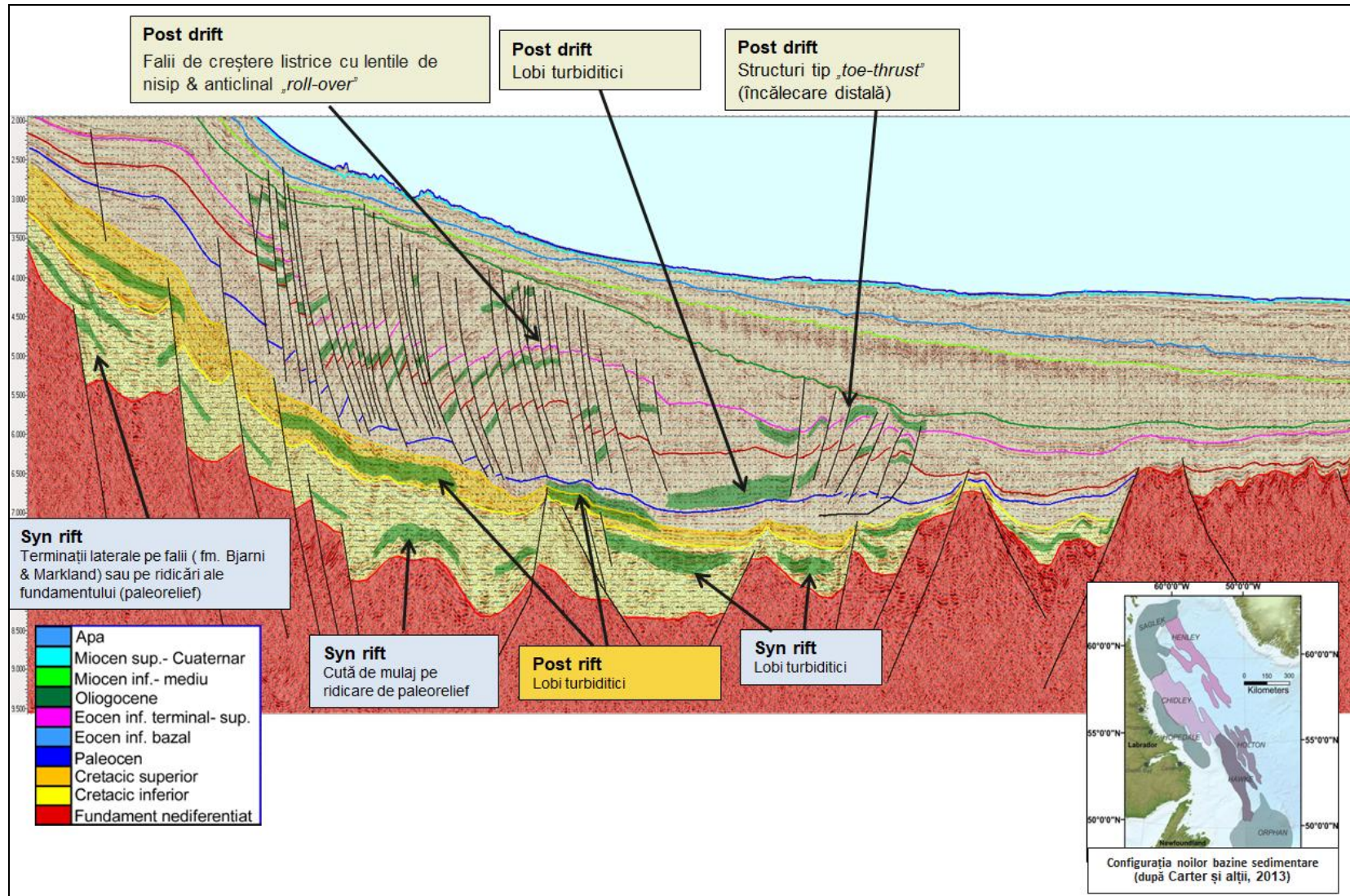


Fig.4.2. Play conceptual pentru zona de pantă și zona de apă adâncă pentru Bazinul Chidley.

Evoluția tectonică și stratigrafică a Mării Labrador. Implicații in sistemul petrolier.

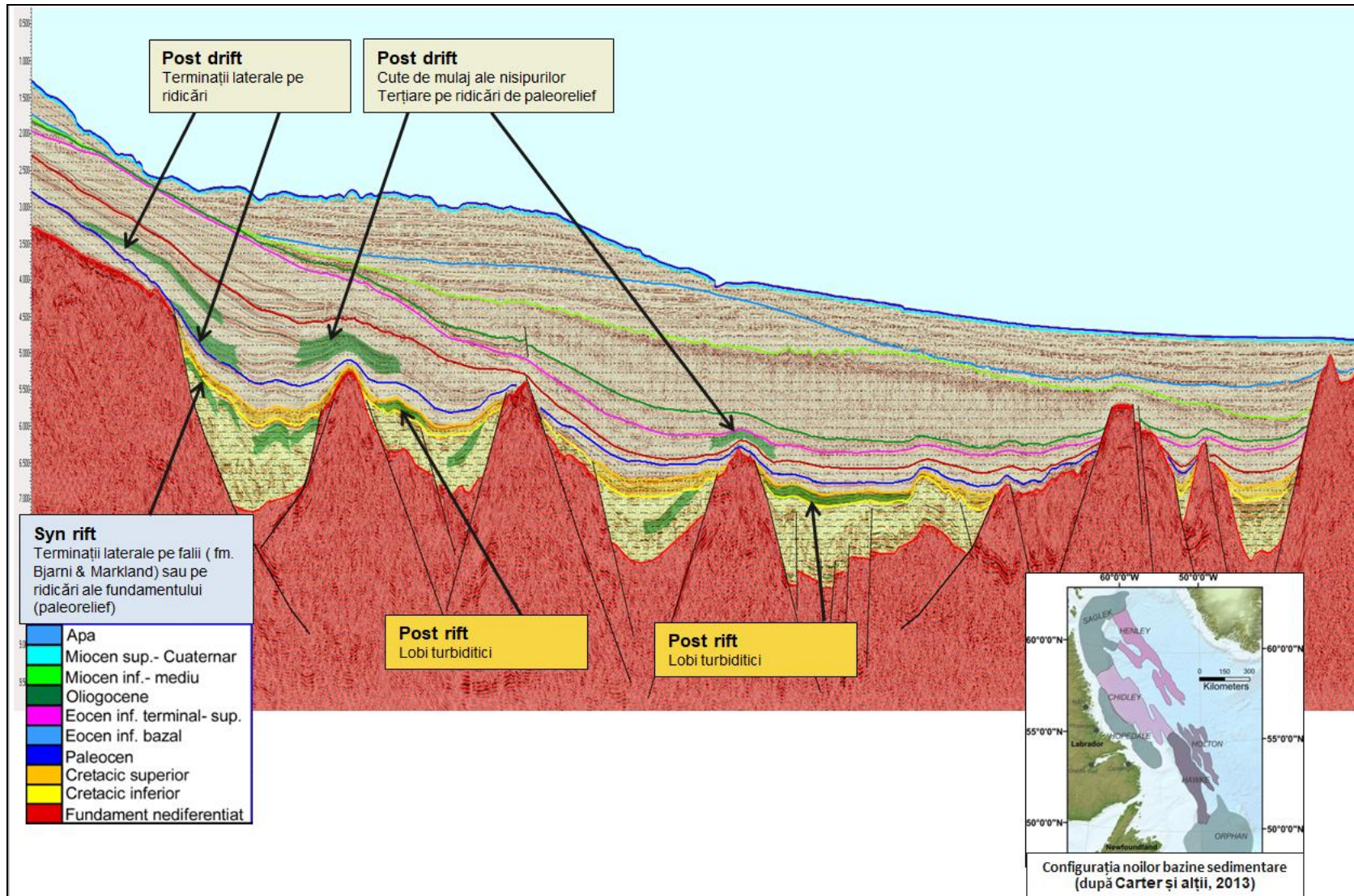


Fig.4.3. Play conceptual pentru zona de pantă și zona de apă adâncă pentru bazinele Hawke și Holton.

CONCLUZII

Marginea estică a Mării Labrador face parte din bazinele de frontieră spre care și-au îndreptat atenția în ultima perioadă atât marile companii din industrie cât și guvernul Canadei. Proiectarea regulată și achiziția din perioada 2011-2012 a celor 2 rețele seismice 2D de tip longoffset care au acoperit zona de pantă continentală și zona de apă adâncă precum și progresele importante aduse în ultimii ani în privința tehnicii de calcul și a algoritmilor de procesare au stat la baza interpretării integrate a datelor geologo-geofizice și au permis o analiză comprehensivă a bazinului Mării Labrador.

Contribuțiile personale aduse prin această teză pot fi sintetizate astfel:

- crearea unei baze de date și încărcarea informațiilor într-un proiect IHS Kingdom,
- colectarea, analizarea, sintetizarea informației existente pe marginea pasivă a Mării Labrador și integrarea acesteia în baza de date,
- cartarea și extinderea azece orizonturi seismice regionale ce corespund principalelor limite geologice coroborate cu evenimentele tectonice,
- analiza caracteristicilor seismo-stratigrafice ale secvențelor depuse în Bazinul Labrador precum și analiza principalelor elemente structural-tectonice din zona de pantă și apă adâncă ce au influențat formarea bazinelor din zona studiată,
- analiza elementelor sistemului petrolifer și identificarea noilor play-uri pentru noile bazine delimitate pe rețeaua nouă de profile seismice 2D.

Câteva din concluziile bazate pe rezultatele obținute din interpretarea multidisciplinară:

1. regimul tectonic a fost principalul factor care a controlat dezvoltarea bazinelor de sedimentare,

2. partea de sud a marginii estice a Mării Labrador poate fi considerată margine continentală pasivă non-vulcanică (NVPM), în timp ce partea de nord a acestei margini este vulcanică,

3. s-a observat dezvoltarea mai multor structuri de colaps al șelfului, ceea ce indică prezența unui nivel de decolare regional. Acest nivel regional poate fi legat de formarea zonelor de suprapresiune (dezhidratarea argilelor și a imposibilității evacuării apei rezultate, sau/și prin formarea și migrarea hidrocarburilor) și poate confirma prezenta rocilor sursă în zona adâncă.

Din analiza regională a sistemului petrolifer se poate afirma că există potențial pentru descoperiri considerabile de hidrocarburi în zona de pantă și apă adâncă, iar această margine de frontieră poate fi considerată de tip *"high-risk high-reward"*.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Ainsworth, N. R., Riley, Bailey, H. W. si Gueinn, K. 2014a., „*Cretaceous – Tertiary stratigraphy of the Labrador Shelf. Wells: Hare Bay E-21, Herjolf M-92, North Bjarni F-06, Ogmund E-72, Pothurst P-19, Roberval K-92 & Snorri J-90.*” Riley Geoscience Report prepared for Nalcor Energy – Oil & Gas, p.1-56.
2. Balkwill, H.R., 1987 “*Labrador Basin: structural and stratigraphic style*” in: Beaumont, C and Tankard, A.J. (Eds.), *Sedimentary Basins and Basin-Forming Mechanism*, Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 12 (1987), p. 17-43.
3. Bell, J.S., Howie, 1990, “*Paleozoic Geology, Chapter 4 in Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*”, edited by M. J. Keen and G.L. Williams Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no.2, p.143 – 150.
4. Bott M. H. P., 1992, „*Passive margins and their subsidence.*”, Journal of the Geological Society, 149, pg. 805-812.
5. Chalmers, J.A., 1997, „*The continental margin off southern Greenland: along-strike transition from an amagmatic to a volcanic margin: Journal of the Geological Society.*”, v. 154, no. 3, pg. 571–576.
6. Chian, D., Keen, C. E., Reid, I., & Loudon, K. E. (1995). *Evolution of nonvolcanic rifted margins: New results from the conjugate margins of the Labrador Sea. Geology*, 23(7), 589–592.
7. Chian, D., Loudon, K. E., & Reid, I. (1995a). *Crustal structure of the Labrador Sea conjugate margin and implications for the formation of nonvolcanic continental margins.* Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100(B12), 24239–24253.
8. De Silva, N.R., 1999, *Sedimentary basins and petroleum system offshore Newfoundland and Labrador*, Petroleum Geology Conference series, v.5, p 501-515.
9. Dickie, K., Keen, C.E., Williams, G.L and Dehler S.A., 2010, “*New insights into the Tectonostratigraphic Evolution of the Labrador Sea*”, Offshore Technology Conference held in Houston Texas, USA, pg. 1-15.
10. Dickie, K., Keen, C.E., Williams, G.L., Dehler R, S.A., 2011 “*Tectonostratigraphic evolution of the Labrador margin, Atlantic Canada*” Marine and Petroleum Geology, ISSN 0264-8172, Volume 28, Issue 9, pp. 1663-1675.
11. Dinu C., Matenco L., Diaconescu V., Munteanu I., 2007, “*Analiza bazinelor de sedimentare*”, Ed. Vergiliu, București, pg. 7-131.
12. Drummond, K.J., 1998, “*Eastcoast gas-the big picture*” in Developing eastcoast gas; no longer a frontier: CERl Eastern Canadian Natural Gas Conference Proceedings, Halifax, Nova Scotia.

13. Enachescu M. and Fagan, P., 2005a. *''Newfoundland's Grand Banks presents untested oil and gas potential in eastern North America''*, Oil and Gas Journal, February 14, vol. 103, 6, p. 32-39.
14. Enachescu, M., 1987, *''The tectonic and structural framework of the northeast Newfoundland continental margin''* in: Beaumont, C and Tankard, A.J. (Eds.), *Sedimentary Basins and Basin-Forming Mechanism*, Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 12 (1987), p. 117-146.
15. Enăchescu, M.E., 2006 (a), *''Hopedale Basin-1: Favorable geology, advanced technology may unlock Labrador's substantial resource''*, Oil and Gas Journal, v.104, no. 23, pg. 29-34.
16. Enăchescu, M.E., 2006 (b), *''Hopedale Basin-2: Atlantic off Labrador poised for modern exploration round''*, Oil & Gas Journal, 104, no. 23, 29-34, Oil and Gas Journal, v.104, no. 24, pg.36-42.
17. Fowler, M.G., Stasiuk, L.D. and Avery, M., 2005. *''Potential petroleum systems in the Labrador and Baffin shelf areas, offshore eastern Canada.''* GAC/MAC/CSPG/CSSS, Halifax, NS. Geological Society of Canada. 2007. Atlantic Basin website [online].
18. Geoffroy L., 2005, *''Volcanic passive margins''* Elsevier, Volume 337, Issue 16, December, Pg. 1395-1408.
19. Government of Newfoundland and Labrador / Department of Mines and Energy, 2000, *''Sedimentary Basins and Hydrocarbon Potential of Newfoundland and Labrador''*.
20. Kate Dickie, Charlotte E. Keen, Graham L. Williams, Sonya A. Dehler, 2011, *''Tectonostratigraphic evolution of the Labrador margin, Atlantic Canada''*, Marine and Petroleum Geology 28 (2011), pg. 1663-1675.
21. Keen M.J. and Williams G.L., 1990, *''Geology of the continental margin of eastern Canada''*, Geological Survey of Canada, no.2, Chapter 7, pg. 295 – 297., pg. 300 – 323.
22. Keen, C.E., Potter, P., and Srivastava, S.P., 1994, *''Deep seismic reflection data across the conjugate margins of the Labrador Sea''*, Canadian Journal of Earth Sciences, v.31., pg. 192 – 205.
23. Loudon K., Chian D., 1999, *''The deep structure of non-volcanic rifted continental margins.''*, in Philosophical transactions of The Royal Society Biological Sciences, pg. 1-38.
24. McKenzie D., 1978, *Some remarks on the development of sedimentary basins.*, Earth and Planetary Science Letters, Volume 40, Issue 1, pg. 25-32.