انتشار الموجات الصوتية تحت الماء

الجـــزء الثـــانى

أحمد عبدالعال محمد
مدير عام ارصاد القوات المسلحة

عزيزى القارىء يسعدنا أن نكمل معكم من خلال هذا العدد المقال الثانى ضمن سلسلة مقالات عن انتشار الموجات الصوتية تحت الماء حيث تكلمنا فى العدد السابق عن نبذة تاريخية فى هذا الموضوع «طبيعة الموجات الصوتية تحت الماء» واليوم نتكلم عن:
انتشار مسارات الاشعة الصوتية «سرعة الصوت Sound Speed»

مناطق الظل :Shadow Zone

إن منطقة الظل الموضحة فى شكل (١) تحت الطبقة السطحية وخلف المدى الذى ينكسر فيه الشعاع الصوتى، ويصبح مسار الشعاع الصوتى أفقيا فى قاع الطبقة السطحية ثم يبدأ فى الانكسار، ويخرج الشعاع الصوتى من المصدرعلى أكبر زاوية إرسال لأسفل وبالتالى فإن طاقة الأشعة الصوتية لا يمكنها اختراق مناطق الظل، ولكن فى بعض الأحيان يمكن لبعض الأشعة الدخول إلى مناطق الظل، ويرجع دخول تلك الأشعة الصوتية المرتدة والمبعثرة من سطح الأبحر أو الأشعة المتسربة من القناة نتيجة نوعية إعاقة وصد الترددات الصوتية فى الطبقة السطحية.

ويتضح أهمية الحيود Diffraction فى الترددات المنخفضة ويرجع الحيود إلى وجود فجوة بين طبقة الخلط السطحية وطبقة الميل الحرارى بالإضافة إلى وجود تدرج فى سرعة الصوت فى هذه الطبقة وأيضًا فى طبقة الميل الحرارى والذى يسمى التدرج تحت الطبقة «يرك ١٩٧٦». تقل شدة الصوت خلال منطقة الظل مع المسافة من مصدر الشعاع الصوتى وتقل شدة الصوت نتيجة تأثير كل من التردد والتدرج السالب لسرعة الصوت، وبزيادة قيم التردد والتدرج تقل شدة الأشعة الصوتية فى منطقة الظل.

عمق الطبقة الصوتية لأكبر سرعة صوت Sonic-Layer Depth:

ويعرف عمق الطبقة الصوتية «SLD» بأنه عمق أكبر سرعة صوت بالقرب من السطح الأعلى للقناة الصوتية ويعتمد انتشار الموجات الصوتية فى الطبقة على عمق هذه الطبقة وذلك كما هو موضح فى الشكل (٢) فإنه كلما كبر العمق كلما زاد مدى انتشار الصدى بدون أن ينعكس وكلما زادت الإعاقة، وكلما مس الشعاع تتشتت الطاقة الصوتية خارج الطبقة السطحية إلا إذا كان سطح البحر هادىء، وفى المتوسط فإن الصوت يستطيع أن يصل إلى أى مدى خلف منطقة المسار المباشر مع بعض الارتداد فى حالات الطبقة العميقة عن حالات الطبقة الضحلة وكلما ازداد عمق الطبقة كلما كبر الانتشار إذا كان مصدر الصوت والمستقبل فى نفس الطبقة.

التدرج فى الطبقة :Gradient in Layer

يلعب التغير فى درجة حرارة الماء دورا رئيسيا فى كمية وقوة إعاقة انتشار الموجات الصوتية فى الطبقة

السطحية. ولكى نحصل على شعاع صوتى صالح للتطبيقات البحرية فى الطبقة السطحية فلابد أن يكون التدرج فى سرعة الصوت إيجابيا.

تردد القطع المنخفض
Low Frequency Cut-off:

لا يستطيع التردد المنخفض للطاقة الصوتية أن يعوق فى انتشار الأشعة الصوتية فى الطبقة السطحية، ويحدث هذا عندما يصبح التردد المنخفض بدرجة كافية ويصبح طول الموجة المقابل لهذا التردد كبير بحيث يسمح بانتقال الطاقة كلها من خلال مسار الشعاع الصوتى.

ومعادلة تردد القطع Cut off Frequency والتى تطبق مع الحالات المتغيرة لقيم درجة حرارة الماء والملوحة فى الطبقة السطحية هى:

$$Fc = 0.3978 \times Vo\ (ZIdxdv)$$

$$Dv = vId - vo$$

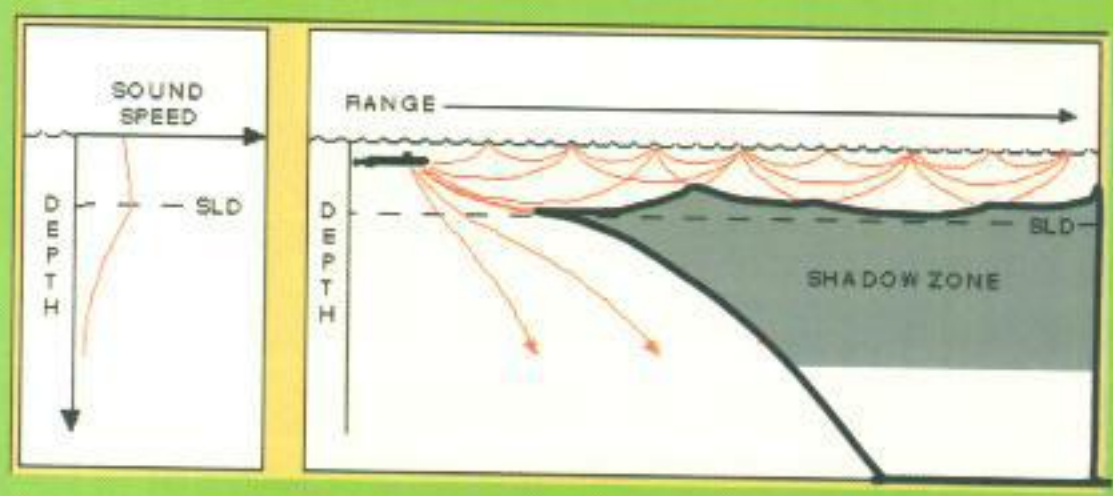
حيث Vo سرعة الصوت فى الطبقة السطحية Surface Sound Speed

ZId عمق الطبقة الصوتية Sonic Layer Depth

VId سرعة الصوت فى عمق الطبقة السطحية Sound speed at sonic Layer Depth

مناطق الظل - Shadow Zone

مناطق الظل " التى لا تسمح بدخول أى موجات صوتية وبالتالى لا يرتد منها أى موجات صوتية " على بعد من مصدر الصوت.



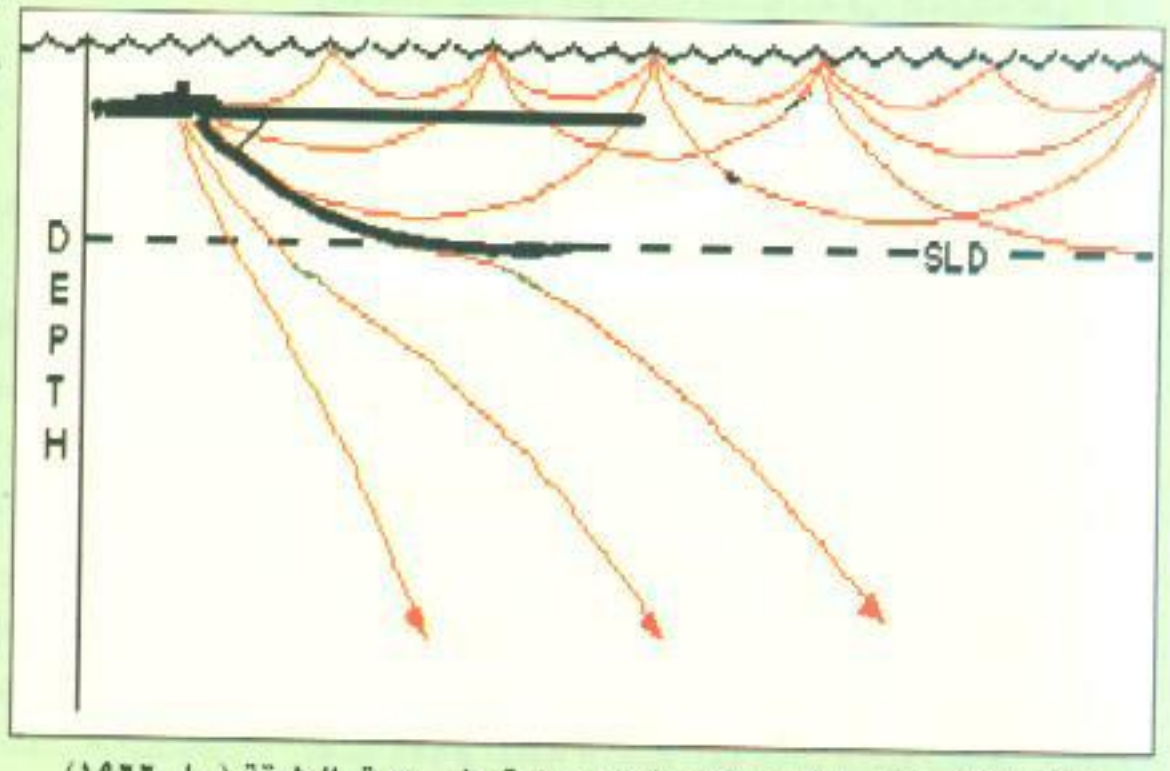
شكل (١) حدود الاشعة الصوتية ومناطق الظل

0.3978 ثابت (يعتمد على نظام القياس «متر أو قدم») تم الحصول على هذه المعادلة من مرجع الاستخدام التكتيكى للغواصات بالبحرية الامريكية (u) الجزء ٧، رقم ٢، الفقرة ٢-٦ الصادر فى سبتمبر ١٩٨٦ .(COMSUBDEVERON-12)

تأثير الأمواج البحرية على عمق الطبقة
Wind-wave effects on layer depth:

يتاثرعمق طبقة تساوى الحرارة بالخلط الناتج عن حركة الأمواج البحرية. يوضح شكل (٣)، أنه إذا استمر تأثير الأمواج البحرية العالية فسوف تتكون طبقة سميكة نسبيا فى طبقة تساوى الحرارة السطحية نتيجة الخلط الناتج من تأثير الأمواج. وإذا كان تأثير الأمواج ضعيف أو منعدم فإن سطح الماء سوف يسخن نتيجة تعرضه لأشعة الشمس ويتسبب فى تواجد تدرج سالب لسرعة الصوت، والذى يتسبب فى عدم وجود طبقة سطحية Zero Layer depth

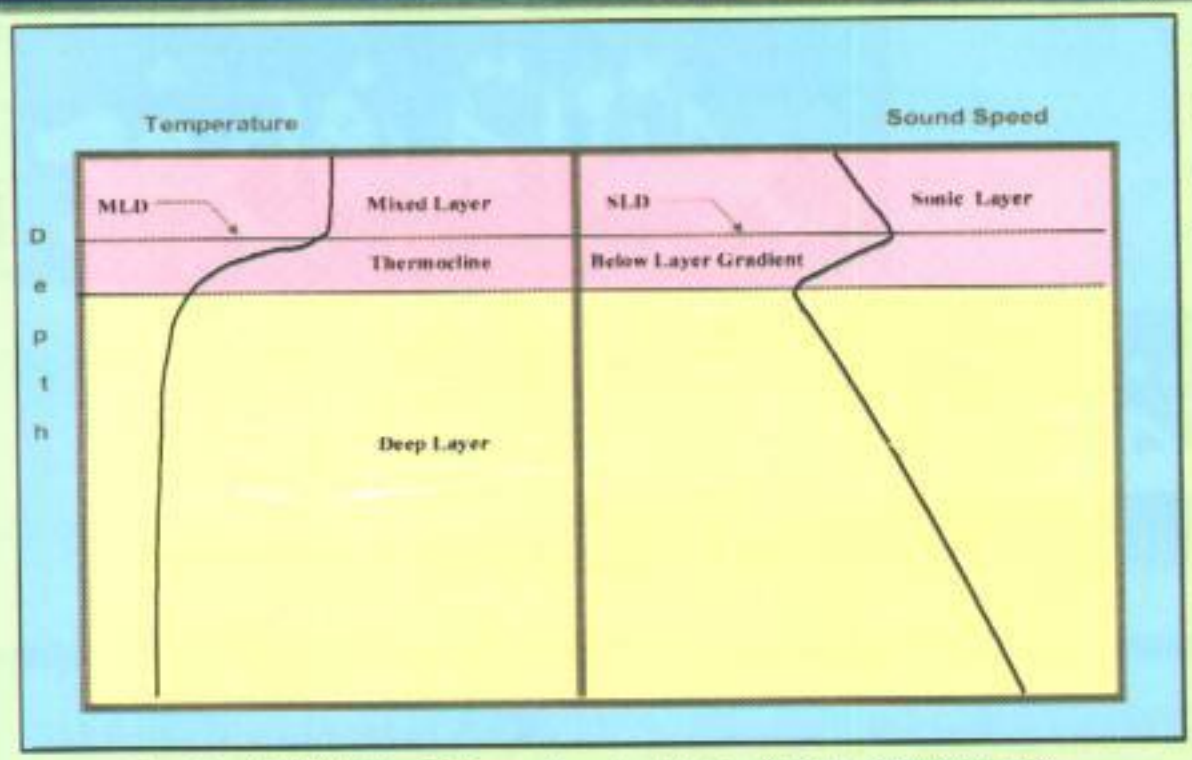
يوضح الشكل تطور طبقة الميل الحرارى الزائلة Transient thermo clines والناتجة من استمرار تسخين



شكل (٢) يعتمد ارتداد الأشعة الصوتية على عمق الطبقة (بل ١٩٦٦)

سطح البحر، ويحدث هذا الموقف فى فصل الصيف فى خطوط العرض المنخفضة بعد الظهر ويسمى فى بعض الحالات بتأثير بعد الظهر «Afternoon Effect» ولاياخذ تأثير طبقة الميل الحرارى الزائلة فى الحسبان فى عمليات مكافحة الغواصات VP/Vs ASW opera-tions ولكن يكون تأثيرها على البدن الذى يخزن فيه أجهزة السونار، يقل تأثير قيمة طبقة الميل الحرارى الزائلة على بدن السفينة الحاملة لأنظمة السونار إذا كان عمق الطبقة أكبر من ٢٥ قدماً قيمتها أكبر من -٠,٣ درجة مئوية على ٣٠ متراً أو ٠,٦ درجة فهرنهيت على ١٠٠ قدم. لاياخذ تأثير بعد الظهر فى الحساب عند تقدير عمق الطبقة الصوتية SLD ولكن إمكانية تواجد طبقة ميل حرارى زائلة يمكن استنتاجها من العوامل الجوية.

تولد عادة طبقة الميل الحرارى الزائلة قناة صوتية صغيرة داخل الطبقة السطحية الأساسية، ويتسبب ذلك فى تقلب مجال الصوت وخصوصا أسفل الميل الحرارى الزائل. اذا كان هناك تقلب واضح فى عمق الطبقة الصوتية SLD «أكبر من ٣٥ قدم» فيجوز أن يتواجد تقلب فى مجال الصوت فى منطقة التقارب ناتج من التقلب فى العمق.



شكل (٣) تاثر الخلط عن الأمواج البحرية فى الطبقة السطحية

التأثير الموسمى على عمق الطبقة الصوتية
Seasonal Effects on SLD:

أ- اثناء فصل الشتاء:

تتسبب الرياح القوية والعواصف وارتفاع الأمواج وقلة أشعة الشمس بالإضافة إلى تواجد الخلط الميكانيكى الناتج من هذه العوامل فى المناطق الباردة على أعماق أكبر للطبقة السطحية التى تصل من ١٢٠ متر حتى أكبر من ٢٧٥ متر.

ب- اثناء فصل الصيف:

فإن العكس صحيح عن فصل الشتاء ففى المياه الدافئة يصل عمق الطبقة السطحية من ٣٠ متراً الى ٦٠ متراً، أما فى المناطق المدارية فتقل الطبقة السطحية عن الأعماق المذكورة عالية.

ج- اثناء فصل الربيع والخريف:

يحدث تدرج رأسى معقد لسرعة الصوت حيث تتحرك المياه الباردة من الشمال إلى الجنوب وبالتالى فإنها سوف تسخن الطبقة السطحية لهذه المياه وبالتالى تنتج طبقة ضحلة، فى التدرج الرأسى الحرارى الحاد فى المياه الباردة شمال تيار الخليج الذى سوف يتعدل بقيمة أقل من التدرج المتواجد فى الكتلة المائية الباردة الموجودة فى جهة الجنوب وأقل من التدرج الموجود بالطبقة، ونتيجة لذلك سوف تظهر الطبقات الأعمق فى المياه الباردة جنوب تيار الخليج قبل أن يظهر فى المياه الباردة التى تقع فى خط العرض الذى يقع شمالها. ويتضح من خرائط الربيع والخريف أنها تحتوى على الخصائص والمظاهر الناتجة فى كل من خرائط الشتاء والصيف.

التدرج أسفل الطبقة
Gradient below the layer:

إن التدرج أسفل عمق الطبقة الصوتية SLD من العوامل الأساسية فى تحديد مكان الهيدروفون، والتدرج السالب القوى سوف يعكس الطاقة الصوتية لأسفل بقوة، حيث يجبرها إلى ارتداد الشعاع من القاع فى الأعماق الضحلة، وعند وضع العنصر الحساس على عمق أكبر سوف يسمح له باحتمال اكتشاف أكبر، والتدرج السالب الضعيف سوف يعكس الطاقة الصوتية فى أسلوب رأسى أقل مع إمكانية الدخول إلى القناة الصوتية أو مكان التقارب.

وإلى اللقاء فى العدد القادم إن شاء الله