

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

**NGHIÊN CỨU TÁC DỤNG GIẢM SÓNG
CỦA RỪNG CÂY NGẬP MẶN VEN BIỂN BẮC BỘ
PHỤC VỤ QUY HOẠCH VÀ THIẾT KẾ ĐÊ BIỂN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2018

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN TUẤN ANH

**NGHIÊN CỨU TÁC DỤNG GIẢM SÓNG
CỦA RỪNG CÂY NGẬP MẶN VEN BIỂN BẮC BỘ
PHỤC VỤ QUY HOẠCH VÀ THIẾT KẾ ĐÊ BIỂN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình thủy

Mã số: 62 58 02 02

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Đinh Vũ Thanh

Người hướng dẫn khoa học 2: PGS.TS. Nguyễn Khắc Nghĩa

HÀ NỘI - 2018

LỜI CAM ĐOAN

Tác giả xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của bản thân tác giả, các kết quả nghiên cứu và các kết luận trong luận án này là trung thực và không sao chép từ bất kỳ một nguồn nào và dưới bất kỳ hình thức nào. Việc tham khảo các nguồn tài liệu đã được trích dẫn và ghi nguồn tài liệu tham khảo đúng quy định.

Tác giả luận án

LỜI CẢM ƠN

Luận án tiến sĩ này được thực hiện dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Đinh Vũ Thanh và PGS.TS Nguyễn Khắc Nghĩa. Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới các Thầy về định hướng khoa học, sự quan tâm và tạo điều kiện thuận lợi trong suốt quá trình nghiên cứu để hoàn thành luận án này. Tác giả xin được chân thành cảm ơn các nhà khoa học – Tác giả của các công trình nghiên cứu đã công bố mà tác giả đã trích dẫn trong luận án, cung cấp nguồn tư liệu quý báu, những kiến thức liên quan trong quá trình nghiên cứu hoàn thành luận án.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn lãnh đạo và các cán bộ Ban Tổ chức - Hành chính thuộc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đã tạo điều kiện để nghiên cứu sinh được thực hiện và hoàn thành chương trình nghiên cứu của mình.

Tác giả cũng xin gửi lời cảm ơn đến nhóm cộng tác nghiên cứu vì đã tạo điều kiện thuận lợi, hỗ trợ thực hiện việc quan trắc thu thập dữ liệu ngoài hiện trường, triển khai nghiên cứu, thí nghiệm mô hình.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn lãnh đạo và đồng nghiệp tại Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường đã động viên, chia sẻ, tạo điều kiện trong cả quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Cuối cùng là sự biết ơn đối với gia đình và những người bạn thân thiết vì đã động viên, chia sẻ sự cảm thông trong cả quá trình để hoàn thành luận án.

Tác giả luận án

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH.....	vii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	ix
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ.....	x
CÁC KÝ HIỆU CHỦ YẾU DÙNG TRONG LUẬN ÁN.....	xi
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	1
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	1
4. Nội dung nghiên cứu.....	2
5. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu.....	2
5.1. Cách tiếp cận.....	2
5.2. Các phương pháp sử dụng trong luận án	2
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.....	4
7. Những đóng góp mới của luận án.....	5
8. Cấu trúc của luận án.....	5
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ RỪNG NGẬP MẶN VÀ TÁC DỤNG GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN	6
1.1. Giới thiệu chung	6
1.1.1 Rừng ngập mặn	6
1.1.2. Vai trò của RNM trong bảo vệ đê biển	9
1.1.3. Hệ thống đê biển	10
1.2. Nghiên cứu trên thế giới về CNM và tác dụng giảm sóng của RNM	11
1.2.1. Phương pháp khảo sát hiện trường	11
1.2.2. Phương pháp sử dụng hệ số ma sát đáy	13
1.2.3 Phương pháp hình khối trụ.....	15
1.3. Nghiên cứu tại hiện trường Việt Nam về tác dụng giảm sóng của RNM	18
1.3.1. Phương pháp khảo sát hiện trường	18
1.3.2. Phương pháp sử dụng hệ số ma sát đáy	22
1.4 Kết luận Chương 1.....	25
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC LÀM CĂN CỨ NGHIÊN CỨU TÁC DỤNG GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN.....	27
2.1. Điều kiện tự nhiên vùng nghiên cứu.....	27

2.1.1 Vị trí địa lý	27
2.1.2 Đặc trưng khí tượng thủy hải văn	28
2.1.3 Hình thái dải ven biển nghiên cứu	31
2.2. Các quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng vùng nước nông	32
2.2.1 Vùng 1. Sóng lan truyền trên bãi phía trước đai RNM - Ảnh hưởng của yếu tố địa hình - ma sát đáy vùng nước nông	33
2.2.2 Vùng 2. Sóng lan truyền trong khu vực có RNM - Ảnh hưởng của RNM	34
2.2.3 Vùng 3. Sóng ra khỏi RNM và tác động đến bờ.....	36
2.3. Mô hình hóa và lý thuyết tương tự mô hình	36
2.3.1 Khái niệm.....	36
2.3.2 Tính chất của mô hình tương tự	37
2.3.3 Điều kiện tương tự của mô hình.....	37
2.3.4 Các tiêu chuẩn tương tự	38
2.3.5 Điều kiện mô hình hóa các hiện tượng thủy động lực	41
2.4. Xây dựng mô hình thí nghiệm	42
2.4.1. Tỷ lệ mô hình	42
2.4.2. Địa hình bãi trồng CNM	43
2.4.3. Cấu trúc RNM	43
2.4.4. Các các yếu tố động lực ven bờ	45
2.4.5. Máng thí nghiệm sóng và thiết bị đo sóng.....	46
2.5. Kiểm tra kỹ thuật và điều kiện giới hạn.....	47
2.6. Lựa chọn MHT mô phỏng lan truyền sóng qua RNM.....	47
2.7. Mô hình SWASH.....	48
2.7.1 Hệ phương trình cơ bản sử dụng trong mô hình SWASH	49
2.7.2 Điều kiện biên và các tham số mô hình	51
2.7.3. Thiết lập mô hình	52
2.8. Kết luận Chương 2.....	54
CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÁC DỤNG GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN	55
3.1 Đặt vấn đề	55
3.2 Đánh giá xu thế và ảnh hưởng của đặc điểm cấu trúc RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng.....	56
3.2.1. Xác định bộ thông số cho MHT.....	57

3.2.2. Mở rộng đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của đặc điểm cấu trúc RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng, năng lượng sóng.....	66
3.3. Thiết lập phương trình tổng quát về suy giảm sóng qua RNM	75
3.3.1 Tổ hợp các kịch bản thí nghiệm.....	77
3.3.2 Trình tự thực hiện và các tham số cần đo	79
3.3.3. Thiết lập phương trình tổng quát về suy giảm chiều cao sóng qua RNM	80
3.4. Phạm vi ứng dụng của các công thức thực nghiệm của luận án.....	88
3.5. Kết luận Chương 3.....	88
CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP VÀ QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THIẾT KẾ RỪNG NGẬP MẶN BẢO VỆ ĐÊ BIÊN.....	90
4.1. Đặt vấn đề.....	90
4.2. Xác định chức năng thiết kế của RNM.....	90
4.3. Các bài toán thiết kế RNM	90
4.4. Quy trình thiết kế RNM giảm sóng, bảo vệ đê biển.....	90
4.4.1. Xác định mật độ cây và tuổi cây khi biết trước điều kiện bãi trước đê và các yếu tố động lực ven bờ.....	90
4.4.2. Xác định chiều rộng đai trồng RNM khi biết trước các yếu tố động lực ven bờ và chủ động về giống cây ngập mặn (chiều cao cây, mật độ cây)	91
4.5. Áp dụng tính toán thiết kế RNM giảm sóng cho đoạn đê biển lựa chọn thuộc xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định	92
4.5.1 Thông tin chung	92
4.5.2 Áp dụng tính toán thiết kế RNM giảm sóng cho đê biển xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.....	95
4.6. Kết luận Chương 4.....	98
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	99
I. Kết quả đạt được của luận án	99
1. Nghiên cứu tổng quan	99
2. Nghiên cứu bằng mô hình toán	99
3. Nghiên cứu bằng mô hình vật lý.....	100
4. Nghiên cứu ứng dụng.....	101
II. Những đóng góp mới của luận án.....	102
III. Tồn tại và hướng phát triển.....	102
1. Những tồn tại.....	102
2. Hướng phát triển	103

IV. Kiến nghị	103
DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	104
TÀI LIỆU THAM KHẢO	105
PHỤ LỤC A.....	111
A1. Mục nước tổng hợp ven bờ [39]	111
A2. Tham số sóng vùng nước nông ven bờ [39]	111
PHỤ LỤC B.....	114
B1. Kết quả xác định thông số mô hình (trường hợp bãi không có RNM)	114
B2. Kết quả tính toán, hiệu chỉnh mô hình xác định hệ số cản CD khi sóng lan truyền qua bãi có RNM.....	125
B3. Mở rộng đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chi phối đến hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn	142
PHỤ LỤC C.....	152

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Phân bố RNM trên thế giới	6
Hình 1.2. Hình ảnh cây bần chua	8
Hình 1.3. Mô hình hóa cây ngập mặn trong mô hình	15
Hình 2.1. Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu	27
Hình 2.2. Hình ảnh lịch sử các cơn bão hoạt động trên biển Đông [15].	30
Hình 2.3. Quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng.....	33
Hình 2.4. Cấu trúc RNM - Các yếu tố ảnh hưởng đến suy giảm sóng	34
Hình 2.5. Sự suy giảm năng lượng sóng theo chiều sâu nước	35
Hình 2.6. Mô phỏng dòng chảy xung quanh một khối trụ	36
Hình 2.7. Mô phỏng dòng chảy trong sóng ảnh hưởng của mật độ cây	36
Hình 2.8. Mô phỏng cắt dọc máng sóng thí nghiệm.....	43
Hình 2.9. Hình ảnh CNM ngoài thực tế và trên MHVL (cây thật).....	44
Hình 2.10. Mô hình hóa và bố trí CNM trên máng sóng (Cây nhựa).....	45
Hình 2.11. Máng thí nghiệm sóng.....	46
Hình 2.12. Định nghĩa lưới theo phương đứng với K lớp và K + 1 mặt tiếp giáp....	53
Hình 2.13. Thiết lập và không gian tính toán của mô hình SWASH.....	54
Hình 3.1. Sơ đồ các bước đánh giá xu thế và xác định phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng.....	56
Hình 3.2. So sánh xác định bộ thông số MHT (C , α , β).....	59
Hình 3.3. Biến thiên các thông số đầu vào MHT – Trường hợp D25H12T16	60
Hình 3.4. Sơ đồ bố trí cây thí nghiệm	61
Hình 3.5. So sánh phổ sóng tính toán (MHT, MHVL), trường hợp mật độ cây N_1 .	63
Hình 3.6. So sánh phổ sóng tính toán (MHT, MHVL), trường hợp mật độ cây N_2 .	65
Hình 3.7. Biểu đồ phân bố chiều cao sóng (H_{m0}) và mật độ cây (N).....	67
Hình 3.8. Quan hệ giữa H_{m0} và đường kính thân cây (d_v).....	68
Hình 3.9. Quan hệ giữa H_{m0} và chiều cao cây (h_v)	70
Hình 3.10. Đường quá trình lan truyền sóng tính toán theo chiều rộng đại rừng	72
Hình 3.11. Hệ số giảm sóng theo chiều rộng đại rừng.....	73

Hình 3.12. Sơ đồ các bước thiết lập công thức bán kính nghiệm mô tả suy giảm chiều cao sóng qua RNM	75
Hình 3.13. Quan hệ C_D và hệ số K_{Cv} (KC cải biên)	84
Hình 3.14. Quan hệ giữa C_D và K_{Cv}	85
Hình 3.15. So sánh suy giảm chiều cao sóng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo trên MHVL (điểm tròn), kịch bản số 49 đến 56, Bảng C 3.1	87
Hình 4.1. Bản đồ vị trí xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định	93
Hình 4.2. Mặt cắt địa hình bãi biển (số 6) xã Giao xuân, Giao Thủy, Nam Định	94

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Phân bố CNM theo vùng lãnh thổ [29],[25].....	7
Bảng 1.2. Phân bố RNM theo hệ thống đê biển [23].....	11
Bảng 2.1 Đặc trưng chế độ gió vùng ven biển vịnh Bắc Bộ [01].....	29
Bảng 2.2. Đặc trưng mực nước trạm Hòn Dấu.....	31
Bảng 2.3. Các giá trị tỷ lệ mô hình – nguyên hình.....	42
Bảng 2.4. Độ sâu không thứ nguyên tương ứng với số lớp K trong SWASH.....	53
Bảng 3.1. Tổ hợp các thông số đầu vào MHT (Hệ số Chezy và góc sóng vỡ).....	57
Bảng 3.2. Tổ hợp các kích bản về độ sâu nước và đặc trưng sóng.....	58
Bảng 3.3. Kết quả xác định bộ thông số mô hình (trường hợp bãi không có RNM).....	61
Bảng 3.4. Tổ hợp các kích bản hiệu chỉnh hệ số cản C_D	62
Bảng 3.5. Kết quả tính toán hiệu chỉnh hệ số cản C_D	65
Bảng 3.6. Kích bản mở rộng mật độ cây (N).....	66
Bảng 3.7. Chiều cao sóng phủ H_{m0} khi mật độ cây thay đổi.....	67
Bảng 3.8. Kích bản mở rộng đường kính thân cây.....	68
Bảng 3.9. Chiều cao sóng khi đường kính thân cây (dv) thay đổi.....	69
Bảng 3.10. Kích bản mở rộng chiều cao cây.....	69
Bảng 3.11. Chiều cao sóng khi chiều cao cây (hv) thay đổi.....	70
Bảng 3.12. Kích bản tính toán ảnh hưởng của mở rộng rừng.....	71
Bảng 3.13. Kết quả tính chiều cao sóng phủ H_{m0} kích bản mở rộng đại rừng.....	71
Bảng 3.14. Tổ hợp các yếu tố động lực ven bờ (chung cho cả 03 trường hợp không có cây, có cây mật độ N_1 và N_2) để thí nghiệm MHVL.....	78
Bảng 4.1. Số liệu địa hình bãi biển số 6 thuộc khu vực Giao Thủy, Nam Định.....	94
Bảng 4.2. Mực nước tổng hợp và chiều cao sóng tính toán.....	95
Bảng 4.3. Giá trị mực nước, thông số sóng và CNM.....	96
Bảng 4.4. Tính toán giá trị hệ số B_0	97
Bảng 4.5. Tính toán giá trị hệ số cản C_D	97
Bảng 4.6. Chiều rộng đại RNM giảm sóng.....	97

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ

ATNĐ: Áp thấp nhiệt đới

ARC: Active Reflection Compensation – Hấp thụ sóng phản xạ chủ động

CNM: Cây ngập mặn

NNK: Những người khác

N: Mật độ cây ngập mặn

D, TB, T: Cấp độ về mật độ cây ngập mặn: dày, trung bình, thưa

ĐB, ĐN, N, TN: Hướng: Đông – Bắc, Đông – Nam, Nam, Tây – Nam

JONSWAP: Joint North Sea Wave Project - Dự án nghiên cứu sóng biển Bắc

FVM: Finite Volume Method – Phương pháp phân tử khối

KHCN: Khoa học công nghệ

MH: Mô hình

MHH: Mô hình hóa

MHT: Mô hình toán

MHVL: Mô hình vật lý

NCKH: Nghiên cứu khoa học

NH: Nguyên hình

NXB: Nhà xuất bản

RNM: Rừng ngập mặn

SWAN: Simulating WAve Nearshore - Mô hình tính sóng vùng ven bờ

SWASH: Simulating WAves Till SHore – Mô hình tính sóng

TCVN: Tiêu chuẩn quốc gia

TH: Tổng hợp

TB: Trung bình

WG1, WG2, WG3,... WG8: đầu đo sóng số 1, 2, 3,... 8 trong mô hình vật lý

CÁC KÝ HIỆU CHỦ YẾU DÙNG TRONG LUẬN ÁN

Ký hiệu	Đơn vị	Tên gọi của ký hiệu
R	m	Bán kính thủy lực
λ_0, λ	m	Bước sóng tại vùng nước ban đầu và 1 điểm ven bờ
T, T_p , $T_{m-1,0}$	s	Chu kỳ sóng, chu kỳ đỉnh phổ, chu kỳ phổ sóng đặc trưng
H, H_s , H_0 , H_{m0} , H_{rms}	m	Chiều cao sóng, chiều cao sóng trước rừng, chiều cao sóng phổ, chiều cao sóng trung bình quân phương (có CNM)
h_v	m	Chiều cao cây trung bình
$\frac{h_v}{d}$	-	Chiều cao cây tương đối
X	m	Chiều rộng đai rừng
α, β	độ	Độ dốc góc sóng vỡ
ν	m^2/s	Độ nhớt động
μ	kg/(m.s)	Độ nhớt động lực học chất lỏng
n	-	Độ nhám lòng dẫn
$\frac{H_{rms}}{d}$	-	Độ ngập tương đối
S_{0p}	-	Độ dốc sóng
d_v	m	Đường kính trung bình thân/cành cây
b_v	m^2	Đường kính tính toán của cây
h, h_0	m	Độ sâu nước (tổng cộng) có kể đến cả dao động sóng, độ sâu trước RNM
g	m^2/s	Gia tốc trọng trường
c_f, n, y	-	Hệ số nhám, độ nhám, hệ số nhám Manning
C_D	-	Hệ số cản tổng hợp
C	$m^{0,5}/s$	Hệ số Chezy

Ký hiệu	Đơn vị	Tên gọi của ký hiệu
α_h	-	Hệ số hiệu chỉnh chiều cao cây
KC, KC_v	-	Hệ số Keulegan-Kapenter (KC) và hệ số KC cải biên
Kt	-	Hệ số giảm chiều cao sóng
R^2	-	Hệ số tin cậy đường hồi quy
Re	-	Hệ số Reynolds
Fr	-	Hệ số Froude
ρ	kg/m ³	Khối lượng riêng của chất lỏng
u, u_m	m/s	Lưu tốc dòng chảy theo phương ngang
N, N_1 , N_2	cây/ha hoặc cây/1m ²	Mật độ cây ngập mặn
E, $E^{(*)}$	J	Năng lượng sóng trung bình đơn vị, năng lượng sóng trong trường hợp không có cây
D_b, D_f, D_v	J	Năng lượng sóng tiêu hao do sóng vỡ, do ma sát đáy, do sức cản của CNM
k	-	Số sóng
$\lambda_l, \lambda_B, \lambda_h$	-	Tỷ lệ mô hình
t	s	Thời gian
P	%	Tần suất xuất hiện
f	Hz	Tần số thực đo (sóng)
x, y, z	m	Toạ độ: x, y đặt tại mặt nước và trục z hướng lên
c_g	m/s	Vận tốc nhóm sóng
ω	-	Vận tốc góc của sóng

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Việt Nam với hơn 3260 km bờ biển thuộc 28 tỉnh, thành phố. Các tỉnh, thành phố ven biển chiếm khoảng 41,3% diện tích tự nhiên và 50,9% dân số của cả nước. Đây là vùng trọng điểm phát triển kinh tế của Việt Nam nhưng cũng là vùng thường xuyên chịu tác động bất lợi từ thiên nhiên, như: sóng, gió, tố, lốc, nước biển dâng, xâm nhập mặn, sạt lở, ...

Nghiên cứu nhằm đa dạng các giải pháp giảm thiểu tác động của các yếu tố động lực đến bờ biển và công trình xây dựng ven bờ biển đã được các nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu. Giải pháp công trình tuy mang lại hiệu quả ngay sau khi xây dựng nhưng trong một số trường hợp không mang tính bền vững, lãng phí, hiệu quả tổng hợp không cao; giải pháp phi công trình tuy phạm vi áp dụng không rộng, phát huy hiệu quả chậm hơn nhưng hiệu quả tổng hợp cao hơn, tính bền vững cao hơn. Nghiên cứu về cơ chế giảm sóng và quá trình lan truyền sóng qua rừng ngập mặn (RNM) làm cơ sở khoa học đề xuất các giải pháp đồng bộ giảm thiểu tác động của sóng đến các công trình bảo vệ bờ biển có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao, đặc biệt trong điều kiện hiện nay khi chúng ta phải đối mặt thường xuyên với các hiện tượng thời tiết cực đoan (tăng cả về cường độ và tần suất xuất hiện), ứng phó với biến đổi khí hậu, nước biển dâng.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu tương tác giữa sóng ven bờ biển và rừng ngập mặn nhằm đánh giá xu thế và xây dựng được quan hệ thực nghiệm xác định hệ số cản tổng hợp C_D và công thức bán thực nghiệm xác định chiều cao sóng lan truyền trên bãi có RNM.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Luận án tập trung nghiên cứu tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn thuần loài bản địa (*Sonneratia caseolaris*) tại khu vực ven biển Thái Bình, Nam Định.

4. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu nêu trên, tác giả đã thực hiện luận án theo các nội dung sau:

- Tổng quan về các thành tựu nghiên cứu trong nước và trên thế giới về rừng ngập mặn và tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn, phân tích các tồn tại và đặt vấn đề nghiên cứu cho luận án;
- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết về rừng ngập mặn, các yếu tố động lực ven bờ và tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn, đánh giá các điều kiện tự nhiên đặc thù vùng bờ biển khu vực nghiên cứu;
- Sử dụng mô hình toán để đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chi phối đến hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn;
- Thiết kế, xây dựng mô hình, xây dựng kịch bản và thực hiện các thí nghiệm trên mô hình vật lý máng sóng về mối tương tác qua lại giữa các yếu tố động lực ven bờ với các đặc điểm, cấu trúc của rừng ngập mặn;
- Nghiên cứu xây dựng công thức thực nghiệm về tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn có gắn với điều kiện tự nhiên vùng bờ biển khu vực nghiên cứu;
- Vận dụng kết quả nghiên cứu để đề xuất quy trình và phương pháp tính toán thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng bảo vệ đê biển. Áp dụng tính toán thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng cho đoạn đê biển lựa chọn thuộc huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.

5. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

5.1. Cách tiếp cận

Tổng hợp, phân tích các công trình nghiên cứu có liên quan ở trong nước và trên thế giới về hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn. Từ đó lựa chọn hướng tiếp cận vừa mang tính kế thừa vừa mang tính sáng tạo phù hợp với đặc điểm tự nhiên về cây ngập mặn, địa hình, sóng, gió của bờ biển khu vực nghiên cứu.

5.2. Các phương pháp sử dụng trong luận án

Hiện nay, khi nghiên cứu ảnh hưởng của năng lượng sóng đến vùng ven bờ và các quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng vùng nước nông, các phương pháp cơ bản

thường sử dụng là: Phương pháp thu thập và phân tích tổng hợp; Phương pháp đo đạc và khảo sát hiện trường; Phương pháp mô hình hóa. Ngoài ra, khi nghiên cứu về xói lở, bồi tụ đới ven bờ người ta còn sử dụng phương pháp phân tích không ảnh bằng việc sử dụng công nghệ viễn thám, GIS.

Mặc dù có độ tin cậy cao nhưng phương pháp đo đạc và khảo sát hiện trường chỉ phù hợp khi nghiên cứu trong một điều kiện cụ thể hoặc một trường hợp cụ thể. Trong thực tế, các yếu tố động lực ven bờ có tính ngẫu nhiên rất cao, để có đủ số liệu phục vụ cho việc phân tích và xây dựng quan hệ thực nghiệm cần chi phí và công sức rất lớn. Trong phạm vi của luận án, NCS sử dụng 2 phương pháp nghiên cứu đó là phương pháp thu thập và phân tích tổng hợp và phương pháp mô hình hóa. Phương pháp mô hình hóa cũng là phương pháp có độ tin cậy cao, hiện nay các nhà khoa học trong và ngoài nước sử dụng khá phổ biến.

5.2.1 Phương pháp thu thập và phân tích tổng hợp

Điều tra, thu thập tài liệu, khảo sát và nghiên cứu thực tế, phân tích, đánh giá và tổng hợp tài liệu để từ đó rút ra các cơ sở khoa học và khả năng ứng dụng vào thực tiễn:

- Đánh giá hiện trạng hệ thống đê biển Việt Nam, tập trung phân tích, đánh giá về các giải pháp gia cố, bảo vệ đê biển, khả năng chống chịu của đê biển trước tác động của các yếu tố tự nhiên;

- Thu thập, phân tích hình thái đường bờ, địa hình bãi trước đê biển và tập tính tự nhiên của cây ngập mặn; Cập nhật các số liệu cơ bản về sóng, mực nước triều;

Khảo sát bổ sung các yếu tố liên quan điều kiện địa hình bãi, phân bố và cấu trúc rừng ngập mặn khu vực nghiên cứu;

- Tổng hợp phân tích vấn đề ổn định bãi và rừng ngập mặn dưới tác động tổng hợp của các yếu tố: sóng, triều và tập tính tự nhiên của rừng ngập mặn.

5.2.2 Phương pháp mô hình hoá

- *Phương pháp mô hình toán*: Xác định và hiệu chỉnh bộ thông số mô hình toán theo một số kết quả thí nghiệm mô hình vật lý (đợt 1). Sử dụng mô hình đã hiệu chỉnh để tính toán cho các kịch bản mở rộng nhằm xác định phạm vi ảnh hưởng của

các yếu tố chi phối chính đến sự suy giảm chiều cao sóng của rừng ngập mặn, làm cơ sở cho việc thiết lập mô hình vật lý và xây dựng các kịch bản thí nghiệm mô hình vật lý (đợt 2).

- *Phương pháp mô hình vật lý máng sóng:*

Nghiên cứu trên mô hình vật lý có thể mô phỏng được bản chất vật lý của hiện tượng. Ưu điểm của mô hình vật lý là vừa mang tính thực tế của hiện tượng lại vừa có thể mô phỏng và theo dõi diễn biến quá trình của hiện tượng theo các kịch bản định trước, điều này là việc không thể làm khi sử dụng phương pháp đo đạc và khảo sát hiện trường.

Sử dụng kết quả đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của rừng ngập mặn trong mô hình toán để xây dựng các kịch bản thí nghiệm mô hình vật lý nhằm xác định mối quan hệ giữa các tham số chi phối chính của sóng và rừng ngập mặn. Xử lý số liệu để thiết lập công thức thực nghiệm xác định các thông số cần thiết đáp ứng mục tiêu nghiên cứu.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Giảm chiều cao sóng bằng rừng ngập mặn là một trong những giải pháp mang lại hiệu quả cao nhất về kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Không những có tác dụng giảm chiều cao sóng tác động trực tiếp vào đê, bờ biển; tăng khả năng lắng đọng phù sa mở rộng bãi mà còn có tác dụng bảo vệ môi trường sinh thái biển, giảm phát thải khí nhà kính, bảo vệ đa dạng sinh học, tăng nguồn lợi hải sản, ...

Luận án đã lượng hóa được ảnh hưởng của các yếu tố chính như: mật độ cây (thông qua diện tích cây ngập mặn chiếm chỗ), tương quan ảnh hưởng giữa chiều cao với độ sâu nước, chiều rộng đai rừng. Đây là các tham số chính tác động làm suy giảm chiều cao sóng.

Vận dụng kết quả nghiên cứu về tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn để xây dựng phương pháp và quy trình tính toán, thiết kế rừng ngập mặn bảo vệ đê biển, giải quyết vấn đề còn nhiều vướng mắc trong thực tiễn trồng cây ngập mặn bảo vệ

bờ biển ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của luận án có thể tham khảo trong thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng, bảo vệ đê biển, bờ biển.

7. Những đóng góp mới của luận án

Lượng hóa được ảnh hưởng của các tham số chính chi phối đến hiệu quả giảm sóng của RNM, đặc biệt là các yếu tố về sóng, mực nước và CNM mang tính đặc thù về điều kiện tự nhiên vùng bờ biển Thái Bình, Nam Định. Các công thức thiết lập được đều có tính tổng quát cao, đã xét đến ảnh hưởng của hệ số tỷ lệ chiều cao cây đối

$\left(\frac{h_v}{d}\right)$ và độ ngập tương đối $\left(\frac{H_{rms}}{d}\right)$:

- *Xây dựng quan hệ thực nghiệm xác định hệ số cản tổng hợp C_D :*

$$C_D = 1,618 \cdot e^{(-0,0378KCv)}$$

- *Xây dựng công thức bán kinh nghiệm xác định chiều cao sóng lan truyền trên bãi có RNM:*

$$\frac{H_{rms}}{H_{rms,0}} = \frac{1}{1 + B_2 \cdot x}$$

Đề xuất được 02 phương pháp và quy trình tính toán, thiết kế đai trồng RNM bảo vệ đê biển, giải quyết vấn đề còn nhiều vướng mắc trong thực tiễn bảo vệ đê biển, bờ biển ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của luận án có thể tham khảo khi thiết kế RNM giảm sóng.

8. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, luận án được trình bày trong 4 chương:

Chương 1: Tổng quan các nghiên cứu về rừng ngập mặn và tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn.

Chương 2: Cơ sở khoa học nghiên cứu tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn.

Chương 3: Nghiên cứu đánh giá tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn.

Chương 4: Nghiên cứu đề xuất phương pháp và quy trình tính toán thiết kế rừng ngập mặn bảo vệ đê biển.

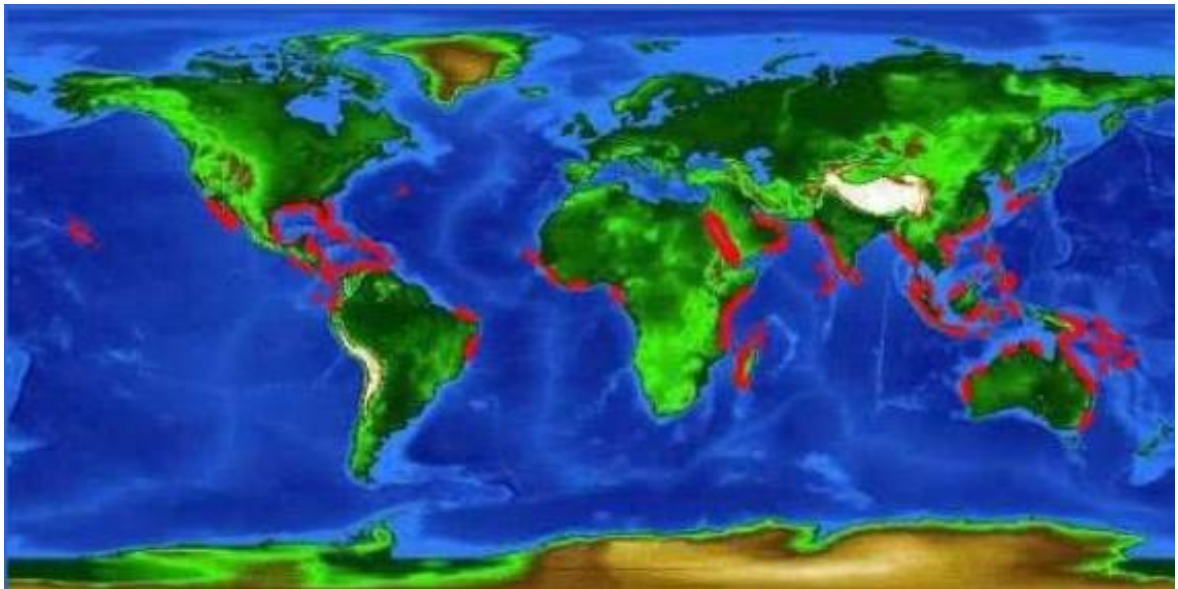
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ RỪNG NGẬP MẶN VÀ TÁC DỤNG GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN

1.1. Giới thiệu chung

1.1.1 Rừng ngập mặn

Rừng ngập mặn (RNM) nằm ở vị trí tiếp giáp giữa hệ sinh thái cạn và hệ sinh thái biển. RNM là hệ sinh thái đặc trưng phân bố ở những vùng bãi triều ven biển nhiệt đới và á nhiệt đới bị ngập nước thường xuyên hoặc định kỳ bởi thủy triều. Theo J. Larsson và nnk (1994), RNM phân bố chủ yếu ở vùng có khí hậu ẩm, nhiệt độ từ 20°C trở lên, mưa trên 1000 mm/năm, độ mặn trung bình từ 15‰ đến 25‰

Nước triều là nhân tố tác động lớn nhất đến sự phân bố của cây ngập mặn. Nước triều vào sâu trong cửa sông thì RNM cũng phân bố sâu trong cửa sông. Nước ngọt từ nhánh sông đổ ra làm loãng độ mặn của nước biển, phù hợp với sự phát triển của nhiều loài cây ngập mặn (CNM).



Hình 1.1. Phân bố RNM trên thế giới

Theo số liệu ước tính năm 2010, RNM còn tồn tại chiếm 12,3% diện tích bề mặt trái đất (tương đương khoảng 14 triệu ha), phân bố chủ yếu ở vùng ven biển nhiệt đới và cận nhiệt đới hai bán cầu, trong khoảng từ 30° Bắc đến 44° Nam, dọc bờ biển

Châu Phi, Châu Đại Dương, Châu Á và Châu Mỹ. Vị trí xa nhất của RNM về phía Bắc bán cầu là vịnh Agaba thuộc Hồng Hải (30⁰B) và Nam Nhật Bản (32⁰B); ở Nam bán cầu là Nam Australia (38⁰N) và tây New Zealand (44⁰N) (Walter, 1971; F. Blasco, 1984; Molony B và M. Sheaves, 1995).

Danh mục thực vật của RNM trên thế giới từ 50 đến 75 loài (Logo và Snedaker, 1974; Saenger & nnk, 1983; F. Blasco, 1984). Các chi thực vật phổ biến nhất ở RNM là: đước vôi (*Rhizophora stylosa* Griff), trang (*Kandelia obovata*), mần biển (*Avicennia marina*), bần chua (*Sonneratia caseolaris*), vẹt dù (*Bruguiera gymnorrhiza*), sú (*Aegiceras corniculatum*), dừa nước (*Nypa fruticans*),... RNM thường có tổ thành đơn giản do điều kiện ngập nước và độ mặn cao.

Ở Việt Nam, có khoảng 606 792 ha đất ngập mặn ven biển, trong đó 149 290 ha đã có rừng ngập mặn, các tỉnh Bắc Bộ có 122 335 ha đất ngập mặn và 43 811 ha RNM tương ứng chiếm 21% diện tích đất ngập mặn và 28,1% diện tích RNM của cả nước. Các chi thực vật ngập mặn phổ biến nhất là: mấm, vẹt, đước, dăng, sú, trang, bần chua, dừa nước,... Khu vực ven biển Thái Bình, Nam Định chi thực vật ngập mặn phổ biến nhất là: sú, trang, bần chua,... (Bảng 1.1). [23],[26]. RNM thuần loài cây bần chua sẽ là đối tượng để luận án tập trung nghiên cứu.

Bảng 1.1. Phân bố CNM theo vùng lãnh thổ [29],[25]

TT	Vùng lãnh thổ	Chi thực vật chủ yếu phân bố
1	Quảng Ninh	Mấm, vẹt dù, đước (<i>Rhizophora apiculata</i>), vôi, dăng
2	Đồng bằng Bắc Bộ	Sú, trang (<i>Kandelia obovata</i>), bần chua (<i>Sonneratia caseolaris</i>)
3	Bắc Trung Bộ	Mấm, dăng (<i>Rhizophora stylosa</i>), sú, bần chua
4	Nam Trung Bộ	Đưng, đước, mấm quán, giá
5	Đông Nam Bộ	Mấm trắng, đước đôi
6	Tây Nam Bộ	Đước đôi, dừa nước, vẹt tách

Bần là cây tiên phong phát triển RNM ven biển và các bãi bồi ven sông. Môi trường sống thích hợp của bần là những vùng bãi bùn mềm, bãi vùng cửa sông, đầm, phá nơi có thủy triều lên xuống. Trong điều kiện tự nhiên, bần mọc thành dải rộng, sống chung với các loài cây nước lợ khác như sú (*Aegiceras comiculatum*), ô dô (*Acanthus ilicifolius*),... . Ở Miền Bắc cây bần mọc thành rừng gần như thuần loài ven bờ biển và vùng cửa sông như ở Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Nghệ An, Hà Tĩnh. Ở Miền Nam cây bần là thành phần chính yếu ở các RNM tự nhiên ven biển, ven sông rạch vùng đồng bằng sông Cửu Long.

Bần là cây thân gỗ, khi trưởng thành cao từ 5 m đến 15 m (có khi cao tới 20 m). Thân cây trơn, có vỏ màu xám, bong từng mảng. Cành non có 4 cạnh nhẵn. Lá đơn, mọc đối, dày, hình bầu dục hoặc trái xoan. Rễ thở mọc thành từng khóm quanh gốc và nhô cao khỏi mặt đất từ 50 cm đến 90 cm, đường kính khoảng 7 cm có tác dụng như những vật cản làm giảm sóng, lắng đọng phù sa.



Hình 1.2. Hình ảnh cây bần chua

1.1.2. Vai trò của RNM trong bảo vệ đê biển

Các dải RNM vùng ven biển, vùng cửa sông đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong việc bảo vệ và phát triển đất bồi tụ, hạn chế xói lở và các quá trình xâm thực bờ biển, giảm sóng và dòng ven bờ. Rễ CNM chằng chịt, đặc biệt là những quần thể thực vật tiên phong mọc dày đặc có tác dụng làm giảm lưu tốc, tạo điều kiện cho trầm tích bồi tụ nhanh hơn trong các vùng cửa sông ven biển. Chúng vừa ngăn chặn có hiệu quả hoạt động công phá bờ biển của sóng, đồng thời là vật cản làm cho trầm tích lắng đọng [09].

Quan sát dọc bờ biển Cuddalore, bang Tamil Nadu, Ấn Độ sau thảm họa động đất gây sóng thần ở Ấn Độ Dương năm 2004, Danielsen và cs đã cho thấy rằng các làng xóm ở phía sau những cánh RNM dọc theo bờ biển đã thoát khỏi sự tấn công của sóng thần, ngược lại những vùng không có thảm thực vật che chắn thì bị sóng thần phá hủy hoàn toàn [46].

Ở Việt Nam, từ đầu thế kỷ 20, dân cư ở các vùng ven biển phía Bắc đã biết trồng một số loài CNM như trang và bần chua để bảo vệ đê biển và vùng cửa sông. Thời kỳ đó, mặc dù đê biển chưa được bê tông hoá và bảo vệ như hiện nay nhưng không bị vỡ khi có bão vừa (cấp 6 đến cấp 8). Đến nửa cuối thế kỷ 20, nhiều tuyến đê đã không còn được bảo vệ bởi RNM, nên mặc dù được đầu tư nâng cấp và bảo vệ kiên cố hơn nhưng khi có bão và sóng gió tác động thì mức độ hư hỏng và sạt lở của đê biển lại tăng lên. Qua thực tế cho thấy ở những vùng có hệ sinh thái RNM tồn tại và phát triển thì đê biển ít bị ảnh hưởng [20].

Tháng 7 năm 1996, khi cơn bão số 2 (Frankie) với sức gió từ 103 km/h đến 117 km/h đổ bộ vào huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình nhờ có dải RNM nên đê biển và nhiều bờ đê không bị hư hỏng, trong khi đó, tại huyện Tiền Hải do phá phần lớn RNM nên các bờ đê đều bị xói lở hoặc bị vỡ. Năm 2005, vùng ven biển huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình tuy không nằm trong tâm bão số 7 (Damrey) nhưng sóng cao ở sông Trà Lý đã làm sạt lở hơn 650 m đê nơi không có RNM ở thôn Tân Bồi, xã Thái Đô trong lúc phần lớn tuyến đê có RNM ở xã này không bị xạt lở. Ở Thái Thụy có 10,5 km đê biển được bảo vệ bởi RNM hầu như không phải sửa chữa, tu bổ

hàng năm kể từ khi RNM trưởng thành, khép tán. Bên cạnh đó 20,7 km đê còn lại thường xuyên bị sạt lở, xói mòn, hư hỏng nặng sau các mùa mưa bão. Chi phí tu bổ, sửa chữa hàng năm rất lớn.

Thực tế sau trận động đất, sóng thần xảy ra ở vùng Ấn Độ Dương vào tháng 12 năm 2004 và các diễn biến của thiên tai, biến đổi khí hậu, nước biển dâng diễn ra trong những năm gần đây đã củng cố thêm nhận thức về tác dụng to lớn của RNM trong việc giảm sóng, bảo vệ bờ biển.

1.1.3. Hệ thống đê biển

Việt Nam có hơn 3260 km bờ biển với các loại địa hình, địa chất khác nhau và chịu tác động của các yếu tố tự nhiên cũng khác nhau, nên đê biển cũng có quy mô và kích thước khác nhau:

- Đê biển khu vực miền Nam, hầu hết chịu tác động của chế độ bán nhật triều biển Đông, đoạn từ Cà Mau đến Kiên Giang chịu chế độ thủy triều biển Tây. Đê biển khu vực miền Nam, nhìn chung không chịu tác động của bão nhưng do nằm trên nền đất mới được bồi tích nên cao độ thấp, thường xuyên chịu ảnh hưởng của các đợt triều cường, nước biển dâng;

- Đê biển khu vực miền Trung bị chia cắt bởi các cửa sông và các dãy núi. Ngoài một số đoạn đê cửa sông, còn lại hầu hết đê biển miền Trung đều được xây dựng một cách tự phát, đê thấp, nhỏ, mặt cắt không hoàn chỉnh, thường bị phá huỷ khi có bão, lũ. Một số đoạn ở khu vực này người ta sử dụng cồn cát như các tuyến đê biển tự nhiên;

- Đê biển miền Bắc có quy mô khá hoàn chỉnh và khép kín, hầu hết đều có khả năng chống chịu bão cấp 9, triều cường tần suất 5%. Về mặt hình học, đê biển miền Bắc thuộc loại lớn nhất cả nước tập trung chủ yếu ở các tỉnh Hải Phòng, Thái Bình và Nam Định. Đây là vùng biển có độ cao triều lớn (khoảng 4 mét) và nước dâng do bão rất lớn [03];

Trong tổng số 2438 km đê biển của cả nước, chỉ có 1083 km đê biển có RNM còn lại là đê có bãi có thể trồng RNM và bãi chưa thể trồng RNM [23]. Chi tiết trình bày tại Bảng 1.2

Bảng 1.2. Phân bố RNM theo hệ thống đê biển [23]

TT	Địa điểm	Tổng chiều dài tuyến đê (km)	Đê có bãi trồng RNM bảo vệ				Đê chưa thể trồng RNM (km)
			Đã có RNM		Chưa có RNM		
			Chiều dài (km)	Diện tích (ha)	Chiều dài (km)	Diện tích (ha)	
1	Quảng Ninh và Đồng bằng Bắc Bộ	841	254	27 209	286	6 965	301
2	Bắc Trung Bộ	338	49	1.745	135	1 687	154
3	Nam trung Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long	1 259	780	37 009	144	4 043	335
	Tổng	2 438	1 083	65 936	565	12 695	790

(nguồn Cục quản lý đê điều và Phòng chống lụt bão, 2005)

1.2. Nghiên cứu trên thế giới về CNM và tác dụng giảm sóng của RNM

Nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện nhằm tìm hiểu về vai trò của RNM trong việc giảm năng lượng sóng biển. Các công trình nghiên cứu này đi theo ba hướng tiếp cận gồm: khảo sát thực địa, mô phỏng bằng mô hình số, mô phỏng bằng mô hình thí nghiệm vật lý. Tổng hợp các nghiên cứu trên thế giới về tác dụng giảm sóng của RNM có thể khái quát như sau:

1.2.1. Phương pháp khảo sát hiện trường

- Massel & nnk (1999) cũng đã cho thấy rằng khi độ sâu nước tăng thì sóng truyền càng sâu vào trong rừng. Điều này có thể giải thích bằng việc giảm đi nhanh chóng của tỷ lệ giữa diện tích cản do RNM với tổng diện tích của dòng chảy theo mặt cắt ngang khi nước tăng lên.

- Danielsen & nnk (2005) đã công bố kết quả nghiên cứu tại Cuddalore, bang Tamil Nadu, Ấn Độ ngay sau trận sóng thần xảy ra ở vùng Ấn Độ Dương, một vài làng xóm phía sau những cánh RNM dọc theo bờ biển đã thoát khỏi sự tấn công của sóng thần, ngược lại những vùng không có RNM che chắn thì bị sóng thần phá hủy hoàn toàn. [46]

Những đợt sóng thần ở vùng biển Ấn Độ Dương có độ cao 15m, nhưng khi đi qua những vùng RNM rộng khoảng 100m cũng đã làm giảm 50% độ cao sóng và 90% năng lượng sóng (Sambuddi, 2005)

- Kandasamy K. và Narayanasamy R (2004) trong công trình nghiên cứu "Vai trò của RNM ven biển trong việc giảm tác hại của sóng thần dọc bờ biển Parangipettai, bang Tamil Nadu, Ấn Độ" đã khẳng định sóng thần ít gây tổn hại về tài sản và sinh mạng tại những vùng có RNM ven biển [49].

- G. Sriskanthan (1994) coi RNM có vai trò như đê chắn sóng của rạn san hô, làm phân tán năng lượng và độ lớn của sóng. Chúng góp phần quan trọng trong việc duy trì tính toàn vẹn của dải ven biển [30]

- Bretchneider và Raid nghiên cứu sự giảm sóng do ma sát nền đáy ở vùng không có thảm thực vật ngập mặn và nhận thấy rằng tại vùng nước sâu không có thảm thực vật, ma sát nền đáy không làm giảm chiều cao sóng.

- Nghiên cứu thực địa sau trận sóng thần năm 2004 tại mũi Pakarang – Thái Lan của tác giả Yanagisawa & nnk (2009) cho thấy tỷ lệ sống sót của cây tăng lên khi mà đường kính của cây tăng lên. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng sau khi sóng thần đi qua thì có 72% cây được có đường kính thân khoảng từ 25cm đến 30cm sống sót, trong khi đó chỉ có 19% cây có đường kính từ 15cm đến 20cm còn sót lại [57]

- Tanaka & nnk (2007) nghiên cứu thực địa tại bờ biển Srilanka và Andaman của Thái Lan đã ghi lại rằng các loài CNM họ được có ảnh hưởng rất lớn đến việc bảo vệ khu vực ven bờ khỏi thiệt hại sóng thần do cấu trúc bộ rễ khí phức tạp của chúng. Cuộc điều tra khảo sát ở Parangipettai, Ấn Độ do Kathiresan và Rajendran (2005) cũng ghi nhận rằng các CNM họ được phù hợp hơn cây mắm trong việc

giảm thiểu tác hại của sóng thần. Tuy nhiên, ở Ấn Độ loài cây họ được thường xuất hiện nhiều ở phía biển trong khi loài mắm thường tồn tại ở phía đất liền, điều này khác hẳn với RNM ở khu vực Đông Nam Á.

- F. H. Mendez. & nnk (2004) đã tổng kết những nghiên cứu về khả năng của RNM chắn sóng biển do bão và cho rằng RNM có khả năng giảm sóng là do lực ma sát và lực cản ở vùng đáy, thân và rễ CNM. Khả năng chắn sóng giảm khi nước lên. Khi sóng lớn tác động trong thời gian dài và mực nước dâng cao thì tác động phòng hộ ven biển của RNM bị giảm thấp [54].

1.2.2. Phương pháp sử dụng hệ số ma sát đáy

- Nghiên cứu của Van Rijn (1989): Theo Van Rijn, tiêu tán năng lượng do ma sát đáy được thể hiện bằng công trung bình theo thời gian của lực ma sát (D_f):

$$D_f = \frac{1}{T} \int_0^T \tau_b \cdot U_\delta \cdot dt \quad (1.1)$$

trong đó: T là thời gian, τ_b là ứng suất tiếp đáy, U_δ vận tốc quỹ đạo sóng theo phương ngang.

- Nghiên cứu của Collins (1972): Ma sát đáy theo Collins (1972) dựa trên công thức thông thường đối với sóng điều hòa với các tham số hiệu chỉnh để phù hợp với trường sóng ngẫu nhiên. Mức độ tiêu tán năng lượng được xác định bằng công thức ma sát đáy thông thường:

$$C_{\text{bottom}} = c_f \cdot g \cdot U_{\text{orb}} \quad (1.2)$$

trong đó:

c_f là hệ số ma sát Collins, $c_f = 0,015$.

U_{orb} là vận tốc quỹ đạo sóng.

CNM có thể được xem như một thành phần ma sát mở rộng:

+ Trong mô hình Delft3d-Flow, ảnh hưởng của CNM được biểu thị chủ yếu qua hệ số nhám Chezy (Baptist, 2005):

$$C = \frac{1}{\sqrt{C_b^2 + \frac{C_D n h_v}{2g}}} + \frac{\sqrt{g}}{\kappa} \ln\left(\frac{h}{h_v}\right) \quad (1.3)$$

Trong công thức trên: C_b là hệ số nhám Chezy khi không có CNM (hệ số nhám tự nhiên): $n = m.D$;

Với: m là mật độ cây; D là đường kính cây; h là độ sâu nước; h_v là chiều cao của cây; κ là hằng số Von Karman ($\kappa = 0,4$); C_D là hệ số cản (0,9-1,0).

+ Trong mô hình sóng Delft3d-Wave, mô tả ảnh hưởng của CNM qua hệ số ma sát Collins (1972) sự phát tán năng lượng sóng S :

$$S(\omega, \theta) = -C_{\text{bottom}} \frac{\omega^2}{g^2 \sinh^2(kh)} E(\omega, \theta) \quad (1.4)$$

trong đó: S : năng lượng sóng phát tán; ω : tần số sóng ($2\pi/T$);

θ : hướng sóng; C_{bottom} : hệ số ma sát;

k : số sóng; h : độ sâu; E : năng lượng tổng cộng.

- Nghiên cứu của De Vries và Roelvink (2004): De Vries and Roelvink tăng cường tham số ma sát đáy dựa trên kết quả của Collins (1972) để áp dụng bổ sung vào mô hình SWAN, các kết quả này được hiệu chỉnh cho cỏ biển - *Spartina Anglica*:

$$S_{\text{ds,b}}(\sigma, \theta) = -\frac{1}{2} c_f \cdot \rho \cdot U_{\text{orb}}^3 \quad (1.5)$$

trong đó: $S_{\text{ds,b}}$ là tiêu tán năng lượng sóng, σ là tần số góc, θ là hướng truyền sóng;

De Vries và Roelvink cho thấy có thể thay hệ số ma sát Collins c_f bằng hệ số của CNM c_v :

$$c_v = f_w \cdot D \cdot n \cdot dz \quad (1.6)$$

trong đó: f_w : là thành phần ma sát; D : đường kính thân cây;

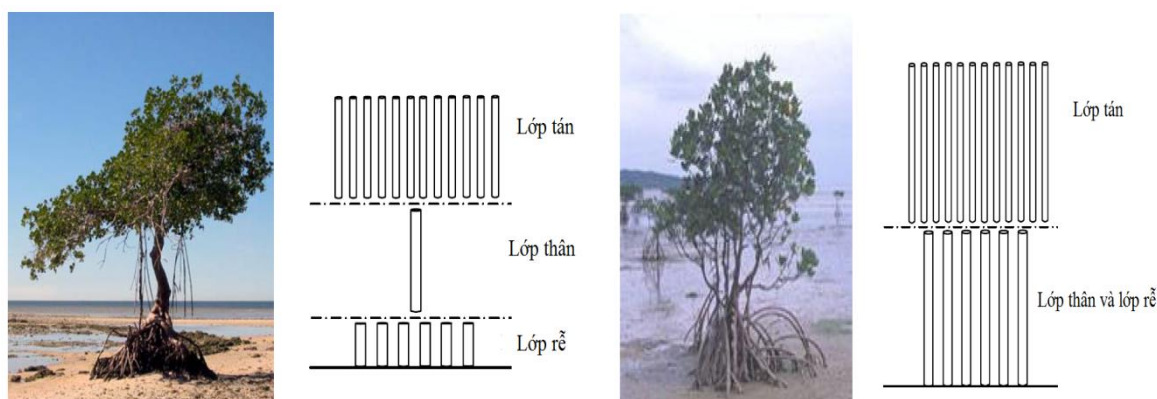
n : số thân cây trên mét vuông; dz : là chiều cao thân cây.

Phương pháp tăng cường tham số nhám đáy phù hợp khi hiệu chỉnh nhưng không tồn tại nguyên tắc vật lý để tham số hóa các dạng thực vật, các dạng thực vật phức tạp không dễ dàng đưa vào mô hình (do thực vật chỉ được tham số hóa bằng một tham số).

- Yanagisawa & nnk (2009) mô phỏng sóng thần năm 2004 ở Ấn Độ Dương và công bố rằng RNM họ đước với mật độ 2000 cây/ha và đường kính thân là 15cm với bề rộng đai rừng là 400m có thể giảm chiều cao sóng thần tới 30% [57]

- Hadi & nnk (2003) phân tích hai loại RNM, rừng đước (*Rhizophora*) và rừng chà (*Ceriops forests*). Kết quả cho thấy rằng rừng đước giảm năng lượng sóng đáng kể nhất. Tác giả cũng kiến nghị hệ số giảm năng lượng sóng phụ thuộc rất chặt chẽ vào mật độ CNM, đường kính thân và rễ.

1.2.3 Phương pháp hình khối trụ



Hình 1.3. Mô hình hóa cây ngập mặn trong mô hình

- Nghiên cứu của Morrison (1950): Morrison & nnk đã xác định được lực tác động lên một cọc mảnh đơn lẻ trong sóng bề mặt:

$$f(t) = C_m \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot \rho \frac{dU}{dt} + C_D \cdot D \frac{1}{2} \rho \cdot U |U| \quad (1.7)$$

trong đó: C_m : là hệ số quán tính

D : là đường kính của cọc

C_D : hệ số tiêu tán (cản) của cọc

U: là giá trị cực đại của vận tốc quỹ đạo theo phương ngang.

- Nghiên cứu của Dalrymple (1984) [45]: Dalrymple & nnk xác định một hệ số tiêu tán năng lượng dựa trên biểu thức của Morrison đối với các thực vật ngập nước ở đầm lầy.

$$\varepsilon_v = \frac{2}{3\pi} \rho C_D b_v N_v \left(\frac{\text{kg}}{2\sigma} \right)^3 \frac{\sinh^3 k\alpha h + 3 \sinh k\alpha h}{3k \cosh^3 kh} H^3 \quad (1.8)$$

trong đó: k: là số sóng

σ : là vận tốc góc của sóng

αh : là độ cao trung bình của thực vật.

Trong công thức (1-8), Dalrymple chỉ xem xét đến sức cản của thực vật và rôi trong lớp biên, ma sát đáy được bỏ qua.

Mendez và Losada (2004) đã mở rộng công thức (1.8) để có thể áp dụng cho vùng đáy nghiêng và sóng vỡ. Các thí nghiệm vật lý trong máng sóng chứng minh các kết quả rất triển vọng của phương pháp này, Mendez và Losada cho thấy rằng dạng mô hình này có thể dễ dàng áp dụng trong các mô hình tính toán lan truyền sóng chuẩn để tích hợp quá trình tiêu tán năng lượng sóng do thực vật và còn có thể dự tính dòng chảy sóng cũng như vận chuyển trầm tích trong vùng có thực vật. Công thức của Dalrymple (1984) là phương pháp xấp xỉ quá trình tiêu tán năng lượng sóng do thực vật tốt nhất và thích hợp nhất để tích hợp vào mô hình SWAN [54]

Hiện tượng phản xạ sóng từ thực vật không được tính đến trong công thức này. Có thể thấy rằng phương pháp hình khối trụ tính toán tiêu tán năng lượng là do lực cản của CNM phân bố trên suốt chiều sâu ngập nước và phụ thuộc vào đặc điểm sinh học cũng như tính chất thủy lực của dòng chảy. Chính vì vậy mô tả tốt hơn bản chất vật lý của quá trình tiêu hao năng lượng của cây.

- Nghiên cứu của Mazda (1997) [51]: Mazda đã chỉ ra rằng sức cản của CNM và ma sát đáy tạo ra lực cản làm suy giảm chiều cao sóng. Do tác động của cây lên chuyển động của nước nên lực kéo này phân bố trên toàn bộ độ sâu nước. Lực cản của cây

được tính toán theo hướng tiếp cận là sử dụng lực ma sát đáy. Hệ số cản sóng C_D của CNM được ước tính theo công thức:

$$C_D = \frac{32\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{h^2}{H_1 \Delta x} \left(\frac{H_1}{H_2} - 1 \right) \quad (1.9)$$

trong đó: H_1, H_2 là chiều cao sóng lần lượt ở 1 điểm ngoài khơi và 1 điểm gần bờ;

Δx là khoảng cách giữa 2 trạm; h là độ sâu trung bình giữa 2 trạm;

Công thức của Mazda chỉ đúng trong trường hợp sóng dài như sóng lừng ở vùng nước nông. Có thể thấy rằng giá trị của hệ số C_D biến đổi theo độ sâu nước khi sóng truyền qua các phần khác nhau của CNM (như rễ, thân, cành lá). Hệ số này tính cho các tầng lớp khác nhau của RNM cho đến nay vẫn chưa được đo đạc riêng rẽ.

- Nghiên cứu của Harada & nnk (2002): Harada & nnk cũng thực hiện thí nghiệm thủy lực nhưng để nghiên cứu sự chiết giảm sóng thần bằng RNM, rừng ven bờ, cấu kiện giảm sóng, đập phá sóng bằng bê tông. Thí nghiệm cho thấy rằng ảnh hưởng của RNM tương tự như với công trình tường biển bê tông trong việc giảm sóng thần, tránh ảnh hưởng thiệt hại về người và của ở phía sau rừng [47].

- Nghiên cứu của Reimann & nnk (2009): Reimann & nnk đã thí nghiệm mô hình với cây đước và cây phi lao trong máng sóng. Kết quả cho thấy mô hình mà CNM được xếp thẳng hàng có khả năng giảm sóng nhỏ hơn so với xếp cây so le.

- Nghiên cứu của Augustin & nnk (2009): Augustin & nnk nghiên cứu thử nghiệm trong phòng về ảnh hưởng độ cứng của cây đến khả năng giảm sóng và thấy rằng cả phần cứng và phần dẻo của cây cho cùng hệ số ma sát. Thêm nữa mức độ giảm sóng trong điều kiện cây bị ngập nước nhỏ hơn so với điều kiện cây nổi trên mặt nước. (Augustin & nnk xem xét thực vật ngập mặn như là các cây dạng trụ) [42].

- Nghiên cứu của S. Husrin & nnk (2012) tiến hành trên mô hình vật lý máng sóng về tác dụng làm suy yếu sóng thần của RNM. Dựa trên mối quan hệ giữa hệ số Reynolds và hệ số cản C_D , tác giả đã MHH thân và bộ rễ chùm của CNM bằng các lăng trụ. Ứng với các kịch bản khác nhau về chiều rộng đai rừng và chế độ thủy lực triều, nhóm nghiên cứu đã tìm hiểu về quá trình suy giảm năng lượng sóng (R_F), hệ

số giảm sóng (K_t) và hệ số cản (C_D) của RNM đối với sóng đơn sau khi đi từ vùng nước sâu vào bờ [48].

1.3. Nghiên cứu tại hiện trường Việt Nam về tác dụng giảm sóng của RNM

RNM đóng vai trò quan trọng đối với môi trường sinh thái và đời sống xã hội ở vùng ven bờ. Tuy nhiên, vai trò quan trọng của rừng mới được nhận thức và thu hút sự chú ý của những nhà khoa học, những nhà quản lý và những người dân sống tại khu vực ven biển trong thời gian khoảng vài chục năm trở lại đây.

1.3.1. Phương pháp khảo sát hiện trường

- Yoshihiro Mazda & nnk (1994) [18] nghiên cứu các quá trình tự nhiên của loài rừng viền ở khu vực ven biển hai xã Thụy Hải và Thụy Trường, huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình. Báo cáo đã mô tả các đặc điểm của mực nước và dòng nước ở các khu vực nghiên cứu và minh họa quá trình giảm sóng khi đi qua rừng trang, nhóm tác giả đã rút ra được một số nhận xét:

+ Rừng trang trồng ở khu vực ven biển xã Thụy Hải có tác động đáng kể trong việc giảm tác động của sóng lừng có chu kỳ sóng từ 5 đến 8 giây và do đó đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ bờ biển;

+ Dải RNM 6 tuổi với chiều rộng 1,5 km có thể giảm độ cao sóng từ 100 cm ở ngoài khơi còn 5 cm khi vào tới bờ;

+ Do mật độ CNM phân bố đều trên toàn bộ chiều sâu vùng nước, nên hiệu quả giảm sóng hầu như không đổi cho dù độ sâu mực nước có tăng lên;

- Một nghiên cứu do Mazda (1997) thực hiện ở ven biển Bắc Bộ tại một khu RNM tái sinh gồm cây trang có độ tuổi khác nhau thì các vị trí mà CNM đủ cao sẽ tương ứng với hệ số giảm sóng trên 100 m rừng lớn hơn 20%. Nghiên cứu cũng dự tính cho cây 6 tuổi, chiều cao sóng giảm từ 1 m xuống còn 0,05 m trên bề rộng rừng khoảng 1,5 km, trong khi ở vùng không có rừng thì chỉ giảm xuống đến 0,75 m. Đồng thời tác giả cũng thực hiện nghiên cứu tại RNM trong các rạn san hô ở Úc và đảo Iriomote ở Nhật, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng chế độ thủy động lực học

trong RNM thay đổi với biên độ khá lớn theo loài thực vật ngập nước, mật độ cây và điều kiện thủy triều [16].

- Phan Nguyên Hồng & nnk (2005). Nghiên cứu về vai trò của RNM trong việc bảo vệ các vùng ven biển. Các tác giả đã chỉ ra rằng bão và sóng biển làm vỡ hoặc gây thiệt hại lớn cho đời sống và sản xuất chủ yếu ở vùng không có RNM hoặc vùng có RNM đã bị chặt phá [9].

- Mazda & nnk (2007) công bố kết quả nghiên cứu đo đặc mực nước khi có bão đi qua xã Vinh Quang, khu vực này chủ yếu là cây bần, sóng lừng từ bão với chu kỳ từ $(8 \div 10)$ s, độ cao sóng lớn nhất xấp xỉ 40 cm. Cứ 100 m rừng, chiều cao sóng giảm khoảng 45% khi độ sâu nước là 0,2 m và 26% khi độ sâu nước là 0,6 m. Chiều cao sóng giảm tùy thuộc vào pha triều (độ sâu nước) [53].

- Quartel & nnk (2007) đã quan trắc hiện trường ở vùng ven bờ vịnh Bắc Bộ - Việt Nam, nơi RNM có tới 88,9% là trang, 7,4% là bần và 3,7% là mắm biển. Kết quả cho thấy rằng hệ số giảm chiều cao sóng biển đổi trong khoảng từ 0,002 đến 0,011/m mặt cắt ngang. Chiều cao sóng giảm qua RNM lớn hơn từ 5 đến 7,5 lần so với sóng chỉ qua bãi biển cát không [56].

- Võ Lương Hồng Phước và Massel (2008) đã nghiên cứu về vận tốc dòng chảy do sóng tại các độ sâu nước khác nhau và thấy rằng các mặt cắt vận tốc theo phương thẳng đứng và phương ngang giảm rất nhanh theo khoảng cách từ mép ngoài biển và gần như bằng không sau khi đi qua rừng [55].

- Hồ Việt Hùng và Nguyễn Bá Tuyên (2009) cũng khẳng định rằng cùng một chiều cao sóng tới tại vùng nước nông hơn thì năng lượng sóng bị tiêu tán nhiều hơn. Tác giả cũng khuyến nghị rằng RNM nên có bề rộng bằng khoảng 2 lần chiều dài sóng trong điều kiện bão hoặc rộng hơn (ít nhất là 200m) có khả năng giảm được 80% chiều cao sóng tới.

- Vũ Đoàn Thái (2011) [32], khi nghiên cứu về vai trò giảm sóng bão của RNM tại khu vực xã Bằng La và Đại Hợp, huyện Kiến Thụy, thành phố Hải Phòng. CNM khi khảo sát có độ tuổi từ 5 đến 6 năm. Rừng nằm sát đê biển, có chiều rộng 670 m gồm

hai loài bần chua (*Sonneratia caseolaris*) và trang (*Kandelia obovata*). Cây bần chua có chiều cao trung bình 459 cm; đường kính thân ≈ 15 cm; mật độ 1351 cây/ha và tỷ lệ che phủ là 93%. Cây trang có chiều cao trung bình 165,5 cm; đường kính thân ≈ 9 cm; mật độ 16100 cây/ha và tỷ lệ che phủ 92%. Con bão số 2 năm 2005 đổ bộ vào khu vực nghiên cứu tạo nên sóng trước rừng với chiều cao từ 1,0 m đến 1,5 m; năng lượng sóng bão trung bình 212306 N/m^2 . Sau khi đi qua 670 m RNM vào sát đê biển, sóng còn lại có chiều cao từ 0,2 m đến 0,32 m; năng lượng sóng trung bình 9158 N/m^2 , với hệ số suy giảm sóng từ 75% đến 83%. Ngoài tác động giảm sóng, RNM còn có tác dụng gây bồi, tạo thành các gờ bùn + cát rộng từ 35 cm đến 40 cm, cao khoảng 35 cm lấn sâu vào trong RNM từ 55 m đến 60 m.

- Vũ Đoàn Thái (2012) [33] khi nghiên cứu về mối liên hệ giữa cấu trúc, thành phần loài và kích thước RNM trồng với hệ số suy giảm độ cao sóng và việc làm giảm tác động của sóng và năng lượng sóng vào bờ biển, tác giả đã tiến hành đo đạc đặc điểm của cây, cấu trúc rừng và quan trắc sóng trong 3 cơn bão năm 2005 (số 2, số 6, số 7) tại các vị trí khác nhau tại khu vực Vinh Quang (Tiên Lãng), Đại Hợp (Kiến Thụy), Bằng La và Ngọc Hải (Đồ Sơn), Hải Phòng. Cấu trúc RNM chủ yếu là trang và bần chua chưa khép tán, tỉ lệ che phủ trung bình là 93%, tuổi từ 5 đến 6 năm. Kết quả cho thấy, hệ số suy giảm chiều cao sóng trung bình trong các cơn bão là: 85% đối với rừng trang xen bần rộng 650 m tại Bằng La, 84% đối với rừng trang xen bần rộng 670 m tại Đại Hợp, 78% và 80% đối với rừng trang chưa khép tán rộng 650 m và 920 m tại Vinh Quang (trong khi chỉ giảm 54% đối với 650 m bờ đối chứng không có RNM).

- Vương Văn Quỳnh & nnk (2011) [28] căn cứ vào sự liên hệ giữa chiều cao sóng (H_s) với khoảng cách vào sâu trong đai rừng (d) đã xây dựng được công thức xác định chiều rộng đai rừng cần thiết cho 4 loại RNM là: thưa trồng, hơi thưa trồng, tương đối dày rậm, và dày rậm:

$$d = \frac{(\ln(H_s) - \ln(a))}{b} \leftrightarrow H_s = a.e^{b*d} \quad (1.10)$$

trong đó: H_s là chiều cao sóng tại 1 điểm ở trong đai rừng, cách mép ngoài phía biển d mét; d là khoảng cách từ đai rừng đến điểm tính toán; a, b là các tham số:

$$a = 0,977 * H_1 \quad (1.11)$$

$$b = 0,00063 - 0,00263 * H_{vn} + 0,00057 * D_{1,3} + 0,00148 * H_{dc} - 0,00006 * TC \quad (1.12)$$

với: H_1 là chiều cao sóng khi bắt đầu vào đai rừng (m); H_{vn} là chiều cao vút nhọn trung bình của cây (m); $D_{1,3}$ là đường kính trung bình thân cây (cm); H_{dc} là mật độ cây, tính cho cây có chiều cao 1 m trở lên (cây/ha); TC là độ tàn che tầng cây (%).

Kết quả nghiên cứu được tác giả đề xuất sử dụng trong thiết kế sơ bộ RNM. Công thức đã lượng hóa được ảnh hưởng của mật độ cây và cấu trúc cây. Tuy nhiên, với giả thiết hệ số giảm sóng $K_t = 0,977$ thì trong một số trường hợp điều kiện địa hình bãi không thuận lợi sẽ rất khó để thỏa mãn kết quả tính theo công thức (1.10). Công thức cũng chưa đề cập đến ảnh hưởng của độ sâu nước và tương quan độ sâu nước ~ chiều cao cây. Thực tế, với mỗi điều kiện khác nhau về sóng và triều thì hiệu quả giảm sóng của từng phần trên CNM cũng sẽ rất khác nhau.

- Nguyễn Văn Ngoãn (2013), Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và khả năng chắn sóng của RNM ở Việt Nam [22]. Khi tiến hành điều tra về đặc điểm cấu trúc rừng liên quan đến khả năng chắn sóng của các trạng thái RNM, tác giả đã thiết lập 90 ô tiêu chuẩn điển hình (kích thước ô tiêu chuẩn là 30x33m) tại 30 điểm rừng phòng hộ chắn sóng ven biển khác nhau từ Quảng Ninh đến Cà Mau để điều tra các trạng thái rừng và điều tra chiều cao sóng ở những khoảng cách khác nhau khi vào sâu trong các đai rừng. Nội dung điều tra như sau:

+ Điều tra đặc điểm cấu trúc rừng: đối với điều tra tầng cây cao, tác giả tiến hành đo (bằng thước dây và sào) đường kính thân cây, chiều cao dưới cành (thân cây), đường kính tán, độ tàn che.

+ Điều tra chiều cao sóng khi vào sâu trong các đai rừng: Trên mỗi tuyến điều tra dài từ 120 m đến 140 m, thiết kế 7 đến 8 điểm đo cách đều nhau 20 m, tại mỗi điểm đo cắm 1 cây sào có khắc vạch tới cm. Quan sát bằng mắt thường về chiều cao sóng

ở mỗi tuyến 5 lần có 5 mức chiều cao sóng khác nhau. Tổng số lần điều tra sóng trên tuyến là 150.

Sử dụng phương pháp phân tích thống kê đa biến bằng phần mềm SPSS (Statistical Product and Services Solutions) tác giả đã xác định được phương trình tổng hợp xác định chiều cao sóng trong RNM và công thức xác định bề rộng đai rừng cần thiết để đưa chiều cao sóng về ngưỡng an toàn:

$$d = \frac{\ln(30) - \ln(H_{tr})}{C} \times 1000 \quad (1.13)$$

trong đó: d là bề rộng đai rừng (m); C là hệ số cấu trúc rừng; 30 là chiều cao sóng an toàn sau đai rừng (cm); H_{tr} là chiều cao sóng trước đai rừng (cm), với giả thiết $H_{tr} = 100$ cm đến 1000 cm.

Cùng với kết quả nghiên cứu của Vương Văn Quỳnh [28], kết quả nghiên cứu của Nguyễn Văn Ngoãn (2013) [22] được đề xuất sử dụng trong thiết kế sơ bộ RNM và dùng làm tài liệu tham khảo trong giảng dạy.

Trong nghiên cứu trên, tuy đã xét đến ảnh hưởng của các yếu tố kích thước cây để xây dựng phương trình xác định kích thước đai rừng và phương trình xác định chiều cao sóng tại điểm bất kỳ trong đai rừng, nhưng nghiên cứu chưa đề cập ảnh hưởng của độ sâu nước và tương quan độ sâu nước ~ chiều cao cây; ảnh hưởng của yếu tố địa hình bãi, ma sát đáy đến sự suy giảm chiều cao sóng; nghiên cứu cũng chưa đề cập đến sự khác nhau của các yếu tố sóng triều và cây ngập mặn dọc theo toàn bộ chiều dài bờ biển thuộc phạm vi nghiên cứu.

1.3.2. Phương pháp sử dụng hệ số ma sát đáy

- La Thị Cang và Võ Lương Hồng Phước (2005) áp dụng mô hình toán để nghiên cứu sự truyền sóng mặt vào RNM và ảnh hưởng lên sự xói mòn và bồi lắng trong RNM tại xã Đồng Hòa thuộc khu dự trữ sinh quyển RNM Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh. Miền khảo sát được xét giả định có độ rộng $L = 45$ m, CNM chủ yếu là mắm trắng, mật độ 5000 cây/ha, thân cao từ 10 m đến 15 m, đường kính từ 1 cm đến 10cm; đặc trưng sóng: $H_s = 0,4$ m, $T_p = 5$ s; địa hình bãi thay đổi tuyến tính; độ sâu nước

trước và sau RNM là 2 m và 0,5 m. Kết quả tính toán cho thấy: hầu hết năng lượng sóng đều bị tiêu tán mạnh trong RNM; có sự thay đổi độ cao sóng khi lan truyền vào vùng RNM, chỉ sau khoảng 35 m, độ cao sóng giảm đi một nửa, cuối vùng khảo sát ($L = 80$ m) hầu như không còn có ảnh hưởng của sóng [02].

- Nguyễn Khắc Nghĩa & nnk (2010) đã đưa ra các kết quả về tính toán mô phỏng theo mô hình số và thí nghiệm mô hình vật lý xác định mức độ giảm sóng qua RNM. Dựa vào kết quả của đề tài đã kiến nghị bổ xung hướng dẫn tính toán thiết kế công trình đê biển, trong đó đã xây dựng bảng tra cứu hệ số suy giảm sóng, các số liệu được tra cứu dựa trên các đặc điểm thủy động lực (mức nước, nước dâng, độ cao sóng và các đặc điểm của cây RNM như: mật độ cây tương đương, đường kính thân cây và độ rộng của rừng cây theo phương truyền sóng). Tuy nhiên các kết quả trên mới chỉ là bước đầu, mới chỉ được kiểm định thông qua chuỗi số liệu đo đạc ngắn ngoài thực địa tại Tiền Hải - Thái Bình (2007) [19],[20].

- Suzuki & nnk (2011) nghiên cứu sự tiêu tán năng lượng sóng qua RNM theo công thức của Mendez và Losada (2004) trong mô hình Swan (Simulating wave nearshore). Tương tự như Vo-Luong và Massel (2008), mô hình cũng tính toán đến sự biến đổi của độ sâu nước, sự tương tác giữa sóng và cây, điều kiện sóng vỡ. Sự khác biệt chính trong nghiên cứu là đưa ra sự phác họa khái quát các lớp theo phương thẳng đứng của cây như là rễ, thân, cành. Các lớp này cũng bao gồm cả sự biến đổi của mật độ theo từng vùng cây. Cũng có sự tương tự giữa công thức của Mendez và Losada (2004) với chỉ số cấu trúc rừng đưa ra của T.Q.Bao (2011) [44] dựa trên số liệu đo đạc khảo sát hiện trường, trong đó có tính đến đặc tính của cây như mật độ, chiều cao và đường kính cây.

- Vũ Duy Vĩnh & nnk (2015) ứng dụng mô hình toán (Delft-3D) đánh giá vai trò làm giảm độ cao sóng của rừng ngập mặn ở vùng ven biển Hải Phòng. Kết quả cho thấy Độ cao sóng lớn nhất sau RNM trong các điều kiện bình thường chỉ còn khoảng (0,1 ÷ 0,15)m. Hệ số suy giảm độ cao sóng không biến động nhiều giữa các mặt cắt khác nhau ở khu vực này và có giá trị khoảng (0,2 ÷ 0,45) (mùa khô) và (30 ÷ 60)% (vào mùa mưa). Trong điều kiện bão nhỏ, độ cao sóng lớn nhất sau RNM có giá trị khoảng (0,6 ÷ 0,8)m, hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0,4. Đối với bão lớn độ

cao sóng sau RNM lớn nhất chỉ còn $(0,8 \div 1,1)m$, với hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0,28.

- Trần Quang Bảo (2011) thực hiện nghiên cứu tại hai khu RNM ở hai miền khác nhau, trong đó cả rừng tái trồng và rừng tự nhiên. Có sáu loài cây được nghiên cứu. Chiều cao sóng đến rừng từ 20 cm đến 70 cm. Kết quả cho thấy chiều cao sóng giảm theo quy luật số mũ với khoảng cách từ mép rừng. Mức độ giảm chiều cao sóng trung bình (tính từ hình vẽ trong báo cáo) cỡ khoảng 0,0054 m trên 80 m vào rừng. Tác giả cũng đưa ra chỉ số cấu trúc rừng là hàm của chiều cao cây, mật độ và độ che phủ của cây. Xây dựng công thức nhằm xác định bề rộng của dải RNM phục vụ cho công tác bảo vệ bờ biển [44].

- Yoshihiro Mazda & nnk (2006) [18] tiến hành quan sát thực địa để phân tích định lượng những đặc điểm giảm sóng của loài bần chua. Địa điểm nghiên cứu tại bờ biển dọc xã Vinh Quang, huyện Tiên Lãng, thành phố Hải Phòng, gồm những bãi triều rộng được phù sa sông Thái Bình bồi đắp, dài khoảng 10 km. Khu vực chịu ảnh hưởng của chế độ nhật triều, độ dốc đáy của bờ khoảng 1/1000. Báo cáo đã chỉ ra được những đặc điểm giảm sóng phụ thuộc vào cấu trúc thẳng đứng của thảm thực vật ngập mặn:

+ Hệ số suy giảm sóng thay đổi theo giai đoạn triều do cấu trúc thẳng đứng điển hình của cây bần, đặc điểm này ngược với tác động do ma sát đáy;

+ Ở vùng nước nông, vì rễ hô hấp của cây bần thon dần hướng lên trên, tác động của lực kéo của những rễ này đối với việc giảm sóng giảm nhiều khi mực nước tăng, do vậy hệ số giảm sóng suy giảm đáng kể;

+ Khi mực nước đạt đến độ cao của tán lá và cành của CNM thì hệ số suy giảm sóng lại tăng tỷ lệ thuận với mức độ tăng thêm của độ sâu mực nước. Tại mực nước cao thì hệ số suy giảm phụ thuộc lớn vào chiều cao sóng;

+ Có thể nhận thấy sự giảm sóng phụ thuộc vào loài CNM, điều kiện thảm thực vật, độ sâu nước và điều kiện sóng xuất hiện;

- Công trình thủy lợi – Yêu cầu kỹ thuật thiết kế đê biển [39] đưa ra công thức tính toán chiều cao sóng kể đến sự chiết giảm do có RNM:

$$H_s = K_t \cdot (1 + \sigma) \cdot H_{s,k} \quad (1.14)$$

trong đó:

$H_s, H_{s,k}$: là chiều cao sóng thiết kế tại vị trí công trình khi: có xét đến ảnh hưởng của RNM và không có RNM; σ là hệ số kể đến sai số về mô hình (rừng thưa $\sigma = 0,1$; rừng trung bình $\sigma = 0,2$; rừng dày $\sigma = 0,3$);

K_t : Hệ số giảm sóng phụ thuộc vào chiều rộng của đai RNM (x) và trạng thái của RNM (r). Xác định theo công thức (1.15)

$$K_t(x) = e^{-rx} \quad (1.15)$$

với: r là giá trị tham số giảm sóng phụ thuộc trạng thái rừng (rừng thưa $r = 0,0004$; rừng trung bình $r = 0,007$; rừng dày $r = 0,01$)

Tuy đã đưa ra được công thức xác định chiều cao sóng (H_s) có kể đến sự triết giảm do RNM hay hệ số giảm sóng (K_t) theo chiều rộng của đai RNM và trạng thái của RNM nhưng vẫn còn ở mức độ sơ bộ. Vì thực tế ngoài các yếu tố về trạng thái RNM, còn phụ thuộc nhiều vào cấu trúc RNM và các yếu tố động lực ven bờ như chế độ sóng, mực nước triều,...

1.4 Kết luận Chương 1.

Nghiên cứu về cây ngập mặn thu hút sự quan tâm đặc biệt của các nhà khoa học trong nước và quốc tế. Thông qua các phương pháp nghiên cứu như: thu thập, phân tích tổng hợp và mô hình hoá, các nhà khoa học đều khẳng định ngoài tác dụng bảo vệ môi trường, sinh thái, đa dạng sinh học và nguồn lợi thủy sản, RNM còn có tác dụng rất lớn trong việc giảm sóng và chắn sóng.

Trên thế giới, tác dụng giảm sóng bảo vệ bờ của RNM đã được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu từ khá sớm (thập niên 80 của thế kỷ trước) và đã đạt được nhiều thành tựu. Hầu hết các nghiên cứu chuyên sâu về thực vật ngập mặn đều được thực hiện thông qua thí nghiệm MHVL và mô phỏng trên MHT. Các nghiên cứu đã

nhận dạng khá đầy đủ ảnh hưởng của: mật độ cây, đặc điểm và cấu trúc của RNM lên các tham số chi phối của MHT và MHVL là hệ số ma sát đáy, hệ số cản tổng hợp. Tuy nhiên, do không tồn tại nguyên tắc vật lý để tham số hóa các dạng thực vật trong MHT, giá trị của hệ số ma sát đáy và hệ số cản tổng hợp biến đổi theo độ sâu nước khi sóng truyền qua các phần khác nhau của cây ngập mặn (như rễ, thân, cành lá) nên việc sử dụng chung 1 tham số cho toàn bộ chiều sâu nước trong một số trường hợp cần phải được nghiên cứu và làm rõ thêm.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu cũng đều khẳng định ngoài tác dụng bảo vệ môi trường, sinh thái, đa dạng sinh học, RNM còn có tác dụng giảm sóng, bảo vệ bờ biển, mở rộng bãi. Một số nghiên cứu sâu hơn đã thống kê mối liên quan giữa loài cây, đặc điểm cây, kích thước đai rừng với sự thay đổi của chiều cao sóng. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu đều gắn với một điều kiện cụ thể về CNM hoặc sóng triều nên thiếu đi tính khái quát, chưa lượng hóa được ảnh hưởng của đặc điểm hình thái và cấu trúc RNM, chiều sâu nước tới sự suy giảm sóng. Trong thực tế, sự suy giảm sóng chịu ảnh hưởng nhiều bởi các yếu tố như mật độ cây, chiều cao cây, đường kính thân cây, hay chiều rộng đai rừng và độ sâu nước.

Trong luận án này, nghiên cứu sinh sẽ đi sâu nghiên cứu tương tác qua lại giữa sóng vùng nước nông và RNM để làm căn cứ xây dựng quan hệ thực nghiệm mô tả sự suy giảm chiều cao sóng qua RNM, trong đó thể hiện được mức độ ảnh hưởng của các yếu tố động lực ven bờ và đặc điểm hình thái, cấu trúc RNM. Đối tượng nghiên cứu là rừng thuần loài cây bần chua (*Sonneratia caseolaris*) với các yếu tố động lực ven bờ tại khu vực ven biển Thái Bình, Nam Định.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC LÀM CĂN CỨ NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN

2.1. Điều kiện tự nhiên vùng nghiên cứu

2.1.1 Vị trí địa lý



Hình 2.1. Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu

Vùng nghiên cứu là bờ biển Thái Bình, Nam Định thuộc khu vực ven biển Bắc Bộ. Nhìn tổng quát, hình thái dải ven biển Bắc Bộ bị khống chế bởi hai hướng cấu trúc địa chất chủ yếu: hướng Tây Bắc - Đông Nam và Đông Bắc - Tây Nam, chịu sự tác động của sóng gió theo các hướng Đông - Bắc, Tây Nam từ biển vào và dòng chảy từ các con sông đổ ra qua các cửa sông chính như: Thái Bình, Trà Lý, Ba Lạt, Hà Lạn, Lạch Giang, Đáy.

Đặc tính phân dị địa động lực đã quyết định sự hình thành các đơn vị cấu trúc địa hệ khác nhau theo chiều dọc đới bờ như cấu trúc vùng cửa sông, châu thổ, đầm phá... Dọc theo bờ biển, các yếu tố khí hậu, thủy văn cũng biến đổi mạnh từ Bắc vào Nam. Khu vực miền Bắc từ Móng Cái tới Đèo Hải Vân gần như chỉ có một chế độ

khí hậu, cường độ bão và gió mùa đều mạnh rồi giảm dần. Thủy triều có xu thế giảm dần từ Bắc vào Nam, lớn nhất tại vùng biển Quảng Ninh.

Dải bờ biển tỉnh Thái Bình: Mang đặc trưng của bờ tích tụ dư thừa aluvi Thái Bình - Trà Lý, bãi triều rộng, mặt bãi được phủ bởi cát bột và bùn sét. RNM phân bố tại 10 xã, thị trấn thuộc huyện Thái Thụy và Tiền Hải. Các quần xã chủ yếu là: Quần xã Mắm biển (*Avicennia marina*), Trang (*Kandelia obovata*) phân bố ngoài cùng, nơi có độ mặn cao và nước ngập sâu. Quần xã Bần chua (*Sonneratia caseolaris*), Trang (*Kandelia obovata*), Sú (*Aegiceras corniculatum*) phân bố ven bờ, nơi có mực nước ngập trung bình [6].

Dải bờ biển tỉnh Nam Định: Về tổng quan, vùng ven biển Nam Định nhận được khối lượng lớn phù sa từ sông Hồng qua cửa Ba Lạt, Hà Lạn, Lạch Giang và cửa Đáy. Nhờ đó, Nam Định có bãi triều rộng, hàng năm bồi ra biển từ (60 – 80)m tạo nên những đảo nổi nhỏ như Cồn Lu, Cồn Ngạn thuận lợi cho CNM sinh sống. Tuy nhiên, do chịu tác động mạnh của gió mùa Đông – Bắc nên vùng ven biển Hải Hậu là trọng điểm xói lở bờ biển của vùng đồng bằng duyên hải phía Bắc. Do tác động của bão và gió mùa Đông - Bắc từ biển Đông nên RNM không phân bố rộng ra phía biển mà tập trung chủ yếu ở xung quanh các cửa sông. Về mùa mưa, lượng nước ngọt lớn đổ ra biển nên thành phần thực vật là các loài cây ưa nước lợ như: quần xã Bần (*Sonneratia caseolaris*), Trang (*Kandelia obovata*), Sú (*Aegiceras corniculatum*), Ô rô (*Acanthus ilicifolius*) [6].

2.1.2 Đặc trưng khí tượng thủy hải văn

Theo trạng thái điều kiện khí tượng thủy văn, địa lý và thêm lục địa, đặc trưng tổng quát về khí tượng thủy văn vùng thêm lục địa gồm:

2.1.2.1 Chế độ gió

Chế độ gió là nhân tố khí tượng chủ yếu ảnh hưởng đến điều kiện tồn tại của các yếu tố thủy văn biển khác như: sóng, dòng chảy, mực nước biển [01],[13].

Chế độ gió khu vực nghiên cứu mang đặc tính mùa rất rõ nét. Mùa đông chịu sự chi phối của hệ thống gió mùa Đông - Bắc với các hướng gió thịnh hành là Bắc, Đông - Bắc và Đông; mùa hè chịu ảnh hưởng của hệ thống gió mùa Tây - Nam biến tính có

các hướng chính là Nam và Đông - Nam. Trong mùa chuyển tiếp hướng gió thịnh hành là Đông, nhưng tốc độ ít mạnh bằng các hướng gió cơ bản ở hai mùa chính.

Thống kê về gió tại các trạm quan trắc tại đảo Cô Tô và Bạch Long Vĩ thể hiện trong Bảng 2.1. Số liệu thống kê tại Bảng 2.1 có thể đại diện cho chế độ gió tại vùng biển lựa chọn nghiên cứu.

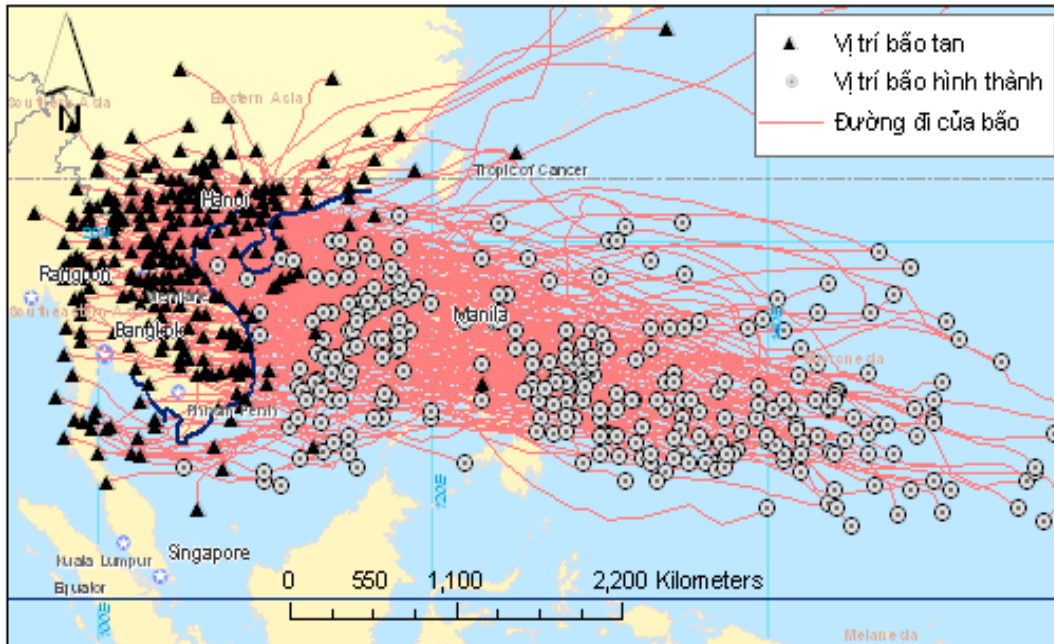
Bảng 2.1 Đặc trưng chế độ gió vùng ven biển vịnh Bắc Bộ [01]

Tháng		Cô Tô				Bạch Long Vĩ			
		Đ-B	ĐN	N	TN	Đ-B	ĐN	N	TN
1	Tần suất (%)	66,5				66,4			
	$V_{\text{gió}}$ (m/s)	> 8 (9,5%)				> 8 (50,3%)			
4 - 7	Tần suất (%)		64,6 (tần suất TH)				80,3 (tần suất TH)		
	$V_{\text{gió}}$ (m/s)		> 8 (8%)				> 8 (35,5%)		
10	Tần suất (%)	46,8				50,3			
	$V_{\text{gió}}$ (m/s)	> 8 (15,5%)				> 8 (37,5%)			

2.1.2.2 Bão và áp thấp nhiệt đới

Theo số liệu thống kê, trong thời gian 52 năm (từ 1961 đến 2013) có 334 cơn bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) đổ bộ vào vùng biển Việt Nam (Hình 2.2). Khu vực từ Hải Phòng đến Thanh Hoá chiếm khoảng 24%, đây là khu vực có mật độ bão đổ bộ cao nhất cả nước. Trong 10 năm trở lại đây, có sự gia tăng đồng thời cả về số lượng và số các cơn bão mạnh đổ bộ vào khu vực vịnh Bắc Bộ.

Bão tại vùng biển nước ta thường có tốc độ rất lớn. Một số cơn bão mạnh thường có tốc độ gió mạnh cấp 12 (từ 118 km/h đến 132 km/h) hoặc trên cấp 12, gió giật có khi đạt đến cấp 13, 15 hoặc mạnh hơn (từ 134 km/h đến 183 km/h). Bão thường tạo ra sóng rất lớn, đôi khi có độ cao hơn 10 m và là nhân tố rất quan trọng ảnh hưởng đến độ ổn định của công trình ven biển [15].



Hình 2.2. Hình ảnh lịch sử các cơn bão hoạt động trên biển Đông [15].

2.1.2.3 Chế độ sóng.

Do đối tượng quan tâm nghiên cứu là sóng khu vực ven bờ nên luận án chỉ đề cập đến những thông tin tổng quát về sóng gió và sóng bão. Đây là những loại sóng có tác động rất lớn lên bờ biển và công trình ven bờ biển.

Sóng gió là sóng được tạo ra do lực tác động của gió trên mặt biển có chu kỳ nhỏ hơn 15 s. Sóng gió trên biển phụ thuộc vào tốc độ gió, thời gian gió thổi và đà gió.

Các đặc trưng động lực và thủy thạch động lực của trường sóng ven bờ phụ thuộc rất nhiều vào độ dốc của sóng. Thông thường, sóng do gió tạo thành là các sóng có độ dốc lớn với chu kỳ ngắn (ngay cả trong trường hợp gió mạnh), chu kỳ của sóng hữu hiệu cũng chỉ từ 6 s đến 8 s. Với sóng lừng thường có độ dốc nhỏ với chu kỳ dài hơn (khoảng 13 s đến 15 s).

- Mùa Đông, sóng trong vịnh Bắc Bộ do gió mùa Đông - Bắc tạo ra và có hướng thịnh hành là hướng Đông - Bắc và Đông. Trong mùa này, vùng ven biển khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng trực tiếp của sóng gió hướng Đông - Bắc và sóng lừng cùng hướng, tần suất xuất hiện từ 60% đến 70%; độ cao sóng và chu kỳ trung bình khá lớn: $H_s = (2 \div 3) \text{ m}$, $\bar{\tau} = (11 \div 12) \text{ s}$.

- Mùa hè, từ vĩ tuyến 15 trở ra, hướng sóng chính là hướng Đông - Nam với tần suất 60%. Về mùa này không có sự đồng nhất giữa sóng ngoài khơi và sóng ven bờ. Độ cao sóng (H_s) từ 1 m đến 2 m, chu kỳ trung bình ($\bar{\tau}$) từ 8 s đến 10 s.

- Sóng trong bão là loại sóng rất phức tạp và nguy hiểm. Kết quả tính toán, thống kê cho thấy độ cao sóng (H_s) đạt từ 4 m đến 5 m, chu kỳ trung bình ($\bar{\tau}$) từ 9s đến 10s. [01],[08],[11],[13],[37]

2.1.2.4 Thủy triều

Thủy triều đóng vai trò động lực quan trọng ở khu vực ven biển và vùng cửa sông. Thủy triều dọc theo bờ biển nước ta có sự diễn biến đa dạng cả về tính chất và biên độ. Biển Việt Nam có cả 4 loại triều đó là: nhật triều đều (Hòn Dấu), nhật triều không đều (Quy Nhơn, Rạch Giá - Kiên Giang), bán nhật triều đều (Thuận An) và bán nhật triều không đều (Vũng Tàu) phân bố xen kẽ, trong đó tính chất nhật triều chiếm ưu thế. Độ lớn triều dọc theo bờ biển nước ta cũng có sự biến đổi phức tạp, đỉnh cực đại tại Hòn Dấu (độ lớn triều lên tới 4,25 m ngày 25/10/1985) và Vũng Tàu, đỉnh cực tiểu tại Thuận An và Rạch Giá (độ lớn triều đạt khoảng 0,5 m). [03]

Bên cạnh chịu sự tác động của yếu tố biển, khu vực nghiên cứu nằm gần cửa Thái Bình, Trà Lý và Ba Lạt nên còn chịu tác động của yếu tố sông. Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu, luận án chỉ xét đến ảnh hưởng của yếu tố biển. Bảng 2.2 thống kê độ lớn triều nhiều năm (1930 - 1994) tại Trạm Hải văn Hòn Dấu. [01]

Bảng 2.2. Đặc trưng mực nước trạm Hòn Dấu

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trung bình (cm)	180	176	176	177	180	183	185	186	194	204	199	189
Lớn nhất (cm)	392	379	351	356	385	404	389	383	371	425	400	400
Thấp nhất (cm)	-6	9	12	2	4	-9	7	6	17	26	2	-7

2.1.3 Hình thái dải ven biển nghiên cứu

Dựa vào quá trình tương tác sông - biển, địa hình ven bờ, khu vực nghiên cứu được chia thành 3 nhóm thành tạo khác biệt: nhóm chịu tác động mạnh mẽ của quá trình

bờ (đới bãi), nhóm chịu ảnh hưởng mạnh của bồi tích sông (đới tiền châu thổ) và nhóm ít chịu ảnh hưởng của bồi tích sông (đới biển nông ven bờ) [12]. Qua tham khảo các tài liệu điều tra, khảo sát đê biển thực hiện trong những năm gần đây tại khu vực nghiên cứu, có thể khái quát địa hình đường bờ theo hai dạng cơ bản sau:

2.1.3.1 Đoạn bãi với quá trình bồi tụ

Dải ven biển tỉnh Thái Bình là nơi đặc trưng của dạng đường bờ thoải với quá trình tích tụ. Bãi triều tại khu vực này rộng từ 4 km đến 5 km, đường bờ hơi lồi và không phẳng, mặt bãi triều được phủ bởi cát bột và bùn sét. Ở cửa Trà Lý, Ba Lạt quá trình bồi tụ xảy ra tích cực hơn. Tuy nhiên, cục bộ vẫn có những khu vực xói, bồi luân phiên tại khu vực Đông Châu, Đông Minh (Tiền Hải). Trung bình độ dốc bãi khu vực vào khoảng 1/150.

2.1.3.2 Đoạn bãi với quá trình xói lở

Vùng ven biển thuộc huyện Hải Hậu, tỉnh Nam Định đoạn từ cống Doanh Châu đến Cửa Lạch Giang dài trên 20 km là trọng điểm xói lở. Tốc độ xói trung bình khoảng 20 m/năm. Ở những nơi này bãi trước đê khá sâu và hẹp, độ sâu trung bình vào khoảng từ 4 m đến 6 m ứng với mực nước triều cao và trung bình. Độ dốc bãi trung bình khoảng 1/160 [20].

2.2. Các quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng vùng nước nông

Sóng tiếp nhận năng lượng từ gió. Năng lượng sóng bằng tổng động năng và thế năng (mật độ năng lượng, sóng hai chiều), tính theo công thức:

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (2.1)$$

trong đó: ρ : là mật độ của nước (kg/m^3); g : là gia tốc trọng trường (m/s^2);

H : là độ cao sóng (m).

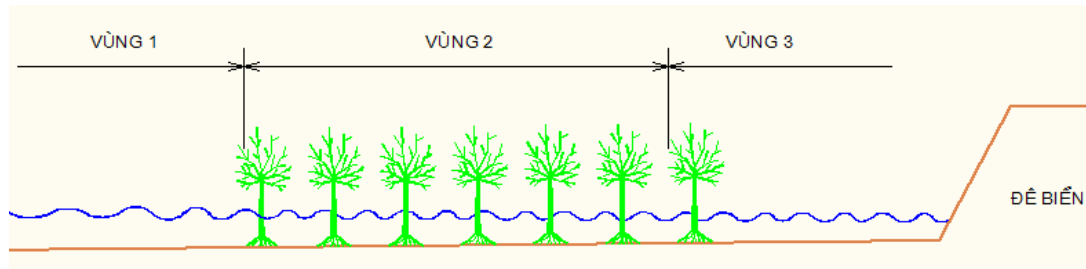
Khi chiều cao sóng càng lớn (nhất là trong bão khi mà mực nước dâng cao) thì năng lượng dồn vào vùng ven bờ càng mạnh.

Ngoài khơi, theo lý thuyết sóng ở biển sâu thì dao động sóng chỉ truyền đến một độ sâu bằng độ dài bước sóng (λ). Ở đây sóng không chịu ảnh hưởng của ma sát đáy.

Trong quá trình di chuyển vào bờ thì năng lượng sóng bị suy giảm do các quá trình thay đổi độ sâu nước tạo ra hiện tượng hiệu ứng vùng nước nông, khúc xạ..., chiều cao sóng tăng lên nhưng chu kỳ vẫn giữ nguyên ($\tau_0 = \tau \Leftrightarrow \frac{\lambda_0}{C_0} = \frac{\lambda}{C}$) nên sóng trở nên dốc hơn. Vận tốc truyền ở ngọn sóng nhanh hơn chân sóng, đến một vị trí nào đó sóng sẽ vỡ và giải phóng năng lượng. Mặt khác, ở độ sâu nước hạn chế, sóng cũng bị mất năng lượng do độ nhám của lòng dẫn. Khi có RNM thì sức cản của cây sẽ làm cho năng lượng sóng giảm đi.

Xét theo phương truyền sóng, các quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng gần bờ gồm 3 vùng chính:

- Vùng 1: sóng lan truyền trên bãi phía trước đai RNM;
- Vùng 2: sóng lan truyền trong khu vực RNM;
- Vùng 3: sau khi ra khỏi khu vực RNM sóng bị suy yếu và tiếp tục lan truyền trên vùng nước nông ven bờ (xem Hình 1).



Hình 2.3. Quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng

2.2.1 Vùng 1. Sóng lan truyền trên bãi phía trước đai RNM - Ảnh hưởng của yếu tố địa hình - ma sát đáy vùng nước nông

Khi sóng tiến vào bờ tới vùng có độ sâu $h \leq 0,5\lambda$ các yếu tố sóng nhất là chiều cao và chiều dài sóng bắt đầu thay đổi mạnh do ảnh hưởng của ma sát đáy. Sự biến đổi này tạo nên nhiều hiện tượng, quá trình phức tạp phản ánh mỗi tương tác của động lực sóng đến đường bờ và các công trình ven bờ. Sử dụng công thức của Lagrange và áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho 2 tia sóng liền nhau.

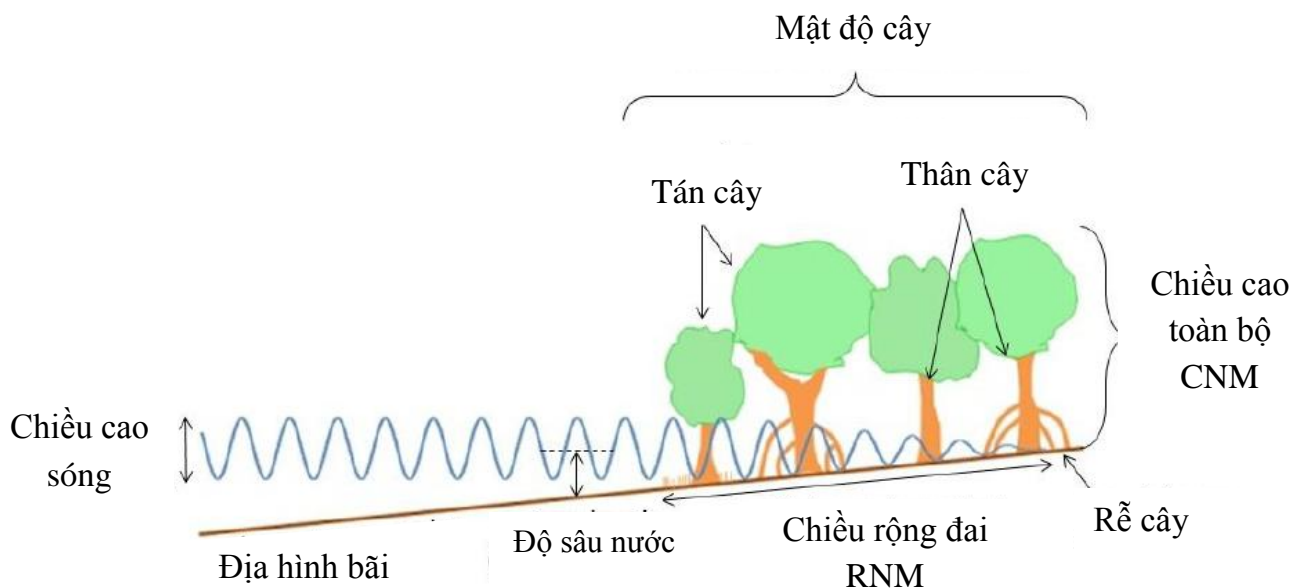
Nếu ở độ sâu vùng nước ban đầu là h_0 có độ dài sóng là λ_0 , chu kỳ sóng là τ_0 , tốc độ sóng là C_0 , chiều cao sóng là H_0 và chiều dài tuyến sóng là L_0 , thì khi sóng vào đến vùng có độ sâu h , các đặc trưng sóng sẽ là: λ , τ , C , H , L xây dựng được các biểu thức sau:

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{h}{h_0}} \quad (2.2)$$

$$\frac{H^2}{H_0^2} = \frac{L_0}{L} \sqrt{\frac{h_0}{h}} \quad (2.3)$$

Từ các mối quan hệ (2.2) và (2.3) cho thấy: Sóng ở vùng nước nông thể hiện khá rõ đặc tính của địa hình đáy biển: Độ sâu nước (h) tỷ lệ thuận với chiều dài sóng (λ) nhưng tỷ lệ nghịch với độ cao sóng (H).

2.2.2 Vùng 2. Sóng lan truyền trong khu vực có RNM - Ảnh hưởng của RNM



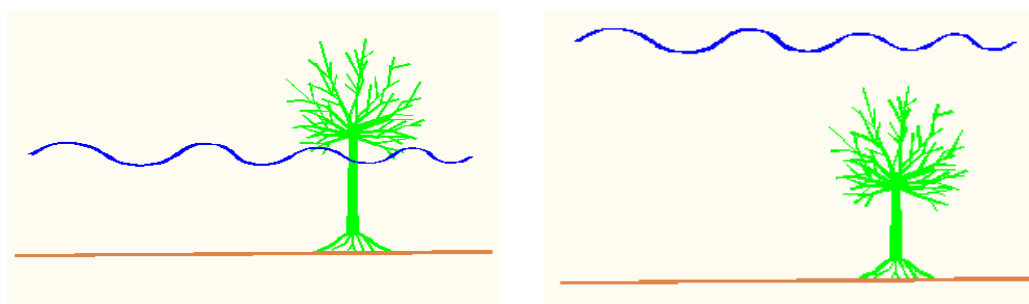
Hình 2.4. Cấu trúc RNM - Các yếu tố ảnh hưởng đến suy giảm sóng

Sóng lan truyền ở vùng nước nông gần bờ chịu tác động ma sát do đáy sinh ra dẫn đến hiện tượng sóng đổ, nhưng trong hầu hết các trường hợp sóng lan truyền qua thảm thực vật thì sự tiêu tán năng lượng sóng không phải do hiện tượng sóng đổ mà chủ yếu do sự cản trở của cây, cây sẽ áp đặt lực ma sát và lực quán tính lên chuyển động của nước gây nên sự mất mát năng lượng và làm cho sóng hạ thấp độ cao và

suy giảm vận tốc quỹ đạo. Theo Mazda và nnk (1997), tiêu tán năng lượng do ma sát đáy có giá trị nhỏ hơn một bậc so với lực kéo gây ra bởi các cây. Vận tốc quỹ đạo hạt nước ở gần đáy suy giảm mạnh khi có cây tồn tại. Tại vùng này, tiêu tán năng lượng do ma sát đáy nhỏ hơn so với sức cản do thực vật [51]. Tùy thuộc vào giá trị của chiều cao cây tương đối $\left(\frac{h_v}{d}\right)$, có thể phân biệt 2 phân vùng liên quan tới tiêu tán năng lượng sóng:

- Khi $\left(\frac{h_v}{d}\right) \geq 1$ (Hình 2.5a), năng lượng sóng bị tiêu tán chủ yếu do ma sát đáy, rễ, thân và cành lá. Tương tác giữa sóng với rễ, thân, cành lá,... là rối trong lớp biên.

- Khi $\left(\frac{h_v}{d}\right) < 1$ (Hình 2.5b), năng lượng sóng ít bị tiêu tán bởi CNM do không tồn tại các quá trình vật lý khác.



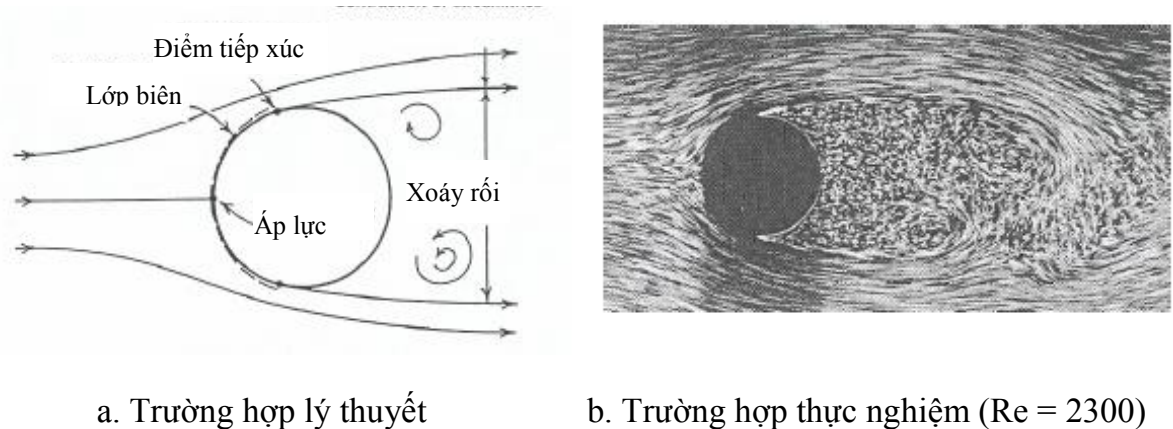
a) Độ sâu nước (d) thấp hơn CNM b) Độ sâu nước (d) cao phía trên CNM

Hình 2.5. Sự suy giảm năng lượng sóng theo chiều sâu nước

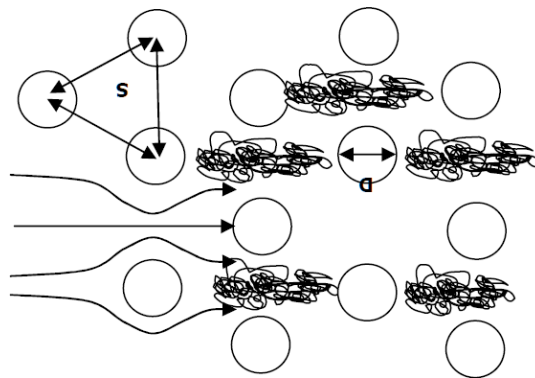
Sơ bộ có thể giải thích quá trình vật lý ảnh hưởng tới sự tiêu hao năng lượng sóng của CNM như sau:

Trên quy mô của từng thân cây, tương tác giữa dòng chảy sóng với thân cây sẽ sinh ra các xoáy và nhiễu động ngược với hướng lan truyền sóng. Lúc này sẽ phát sinh một lực cản tổng hợp của cây lên dòng chảy trong sóng gồm 02 thành phần: thành phần thứ nhất do ma sát tiếp xúc giữa cây với dòng chảy và thành phần thứ 2 tạo nên do chênh lệch áp lực phía trước và sau cây. Lực cản do chênh lệch áp lực lớn hơn nhiều lực do ma sát tiếp xúc. Khi mật độ khối trụ (rễ, cành lá hoặc mật độ cây)

càng cao thì diện tích tiếp xúc càng nhiều và lực cản do chênh lệch áp lực cũng tăng dẫn tới tiêu hao năng lượng sóng càng nhiều (Hình 2.6 và Hình 2.7).



Hình 2.6. Mô phỏng dòng chảy xung quanh một khối trụ



Hình 2.7. Mô phỏng dòng chảy trong sóng ảnh hưởng của mật độ cây

2.2.3 Vùng 3. Sóng ra khỏi RNM và tác động đến bờ

Sóng sau khi ra khỏi khu vực 2 sẽ tiếp tục bị ảnh hưởng do ma sát đáy khi đi vào vùng nước nông. Mặt khác, khi độ sâu nước đủ lớn, sóng tại vùng này còn chịu sự tác động của sóng phản xạ, nhiễu xạ. Chiều cao sóng khi đi vào khu vực này đã giảm đáng kể so với trước khi đi vào khu vực 2.

2.3. Mô hình hóa và lý thuyết tương tự mô hình

2.3.1 Khái niệm

- Mô hình hóa (*Modeling*) là thay thế đối tượng gốc (nguyên hình – NH) bằng một MH nhằm thu nhận thông tin về đối tượng bằng cách tiến hành các thực nghiệm, tính toán trên MH [06],[07].

- Mô hình (*Model*) là một sơ đồ phản ánh đối tượng. Con người dùng sơ đồ đó để nghiên cứu, thực nghiệm nhằm tìm ra các quy luật hoạt động của đối tượng gốc. Nói cách khác MH là đối tượng thay thế của đối tượng gốc [06],[07].

+ Mô hình vật lý (MHVL) là MH được cấu tạo bởi các phần tử vật lý. Các thuộc tính của đối tượng được phản ánh bằng các định luật vật lý xảy ra trong MH. Mô hình vật lý có cấu tạo giống như NH nhưng thường có kích thước nhỏ hơn NH để phù hợp với điều kiện của phòng thí nghiệm. Các quá trình vật lý xảy ra trong MH giống trong NH, có thể đo lường, quan sát một cách trực quan với độ chính xác cao.

+ Mô hình toán (MHT) thuộc loại mô hình trừu tượng được phản ánh bằng các biểu thức, phương trình toán học. Mô hình toán được chia thành mô hình giải tích và mô hình số trị. Mô hình số trị được xây dựng theo phương pháp số tức là bằng các chương trình chạy trên máy tính số. Ngày nay nhờ sự phát triển của khoa học và công nghệ, người ta đã xây dựng được các mô hình số có thể mô phỏng được quá trình hoạt động của đối tượng thực.

2.3.2 Tính chất của mô hình tương tự

Để thay thế được đối tượng gốc, mô hình phải đạt được 2 tính chất cơ bản sau đây:

+ Tính đồng nhất: Mô hình phải đồng nhất với nguyên hình mà nó phản ánh theo những tiêu chuẩn định trước.

+ Tính thực dụng: có khả năng sử dụng MH để nghiên cứu đối tượng.

2.3.3 Điều kiện tương tự của mô hình

Hai hiện tượng tương tự nhau phải đảm bảo tương tự nhau về mặt cơ học, nghĩa là phải đảm bảo tương tự về mặt động học và động lực học và phải được giải bằng cùng một hệ phương trình vi phân có nghiệm duy nhất (phương trình Navier-Stoke viết cho dòng ổn định phẳng).

Điều kiện tương tự về mặt động học đòi hỏi không chỉ tốc độ của những phần tử tại điểm tương ứng trong hai hệ thống phải tỷ lệ với nhau mà còn phải cùng phương với biên của dòng chảy, nghĩa là biên của dòng chảy phải tương tự hình học.

Như vậy, tương tự cơ học bao gồm:

- Tương tự hình học: $\frac{l_N}{l_M} = \lambda_l$; $\frac{A_N}{A_M} = \lambda_A$; $\frac{W_N}{W_M} = \lambda_W$ (λ_l là tỷ lệ tương tự về chiều

dài; λ_A là tỷ lệ tương tự về diện tích; λ_W là tỷ lệ tương tự về thể tích)

- Tương tự động học: $\frac{t_N}{t_M} = \lambda_t$ (λ_t là tỷ lệ tương tự về thời gian)

- Tương tự động lực: $\frac{\rho_N}{\rho_M} = \lambda_\rho$ (λ_ρ là tỷ lệ tương tự về khối lượng riêng)

2.3.4 Các tiêu chuẩn tương tự

Chuyển động của chất lỏng chịu sự tác động của nhiều loại lực khác nhau như: trọng lực, áp lực, lực ma sát, sức căng mặt ngoài,... Các lực tác dụng này có ảnh hưởng không như nhau trong các dạng chuyển động khác nhau của chất lỏng.

Bằng việc đồng nhất hệ phương trình vi phân biểu diễn hai hệ thống chuyển động nguyên hình và mô hình (NH và MH) ta có thể tìm được quan hệ ràng buộc các tỷ lệ tương tự, gọi tắt là quan hệ tỷ lệ hay tiêu chuẩn tương tự.

Thực tế không thể đồng thời thỏa mãn được các tỷ lệ về trọng lực, áp lực, lực ma sát, sức căng mặt ngoài,... cũng như không thể thực hiện được sự cân bằng giữa tỷ số tất cả các lực tác dụng trong MH và NH. Do đó, người ta cố gắng tìm những điều kiện tương tự cục bộ và thiết lập những tiêu chuẩn tương tự biểu diễn điều kiện tương tự này khi chỉ có một loại lực nào đó tác dụng chủ yếu lên dòng chảy đang nghiên cứu. Khi nghiên cứu về mô hình sóng, ngoài tiêu chuẩn tương tự cơ học chung nhất Newton, còn cần phải thỏa mãn tỷ lệ về lực khối lượng (số Froude), sức căng mặt ngoài (Webe) và lực nhớt (số Reynolds).

2.3.4.1. Tiêu chuẩn tương tự cơ học chung nhất Newton

Xét chuyển động cơ học chung nói chung. Hai hệ thống chuyển động cơ học (NH và MH) đều tuân theo định luật thứ 2 của Newton:

$$F = M \frac{dV}{dt} \quad (2.4)$$

trong đó:

F là lực tác dụng; M là khối lượng vật chuyển động;

V là tốc độ chuyển động; t là thời gian.

Công thức (2.4) phù hợp với bất kỳ điểm tương ứng nào trong MH và NH. Bởi vậy:

$$\text{Đối với MH (M):} \quad F_M = M_M \frac{dV_M}{dt_M} \quad (2.5)$$

$$\text{Đối với NH (N):} \quad F_N = M_N \frac{dV_N}{dt_N} \quad (2.6)$$

Nếu hai hệ thống NH và MH tương tự nhau thì các đại lượng được liên hệ thông qua các tỷ lệ tương tự. Do đó:

$$F_N = \lambda_F \cdot F_M; M_N = \lambda_M \cdot M_M; V_N = \lambda_V \cdot V_M; t_N = \lambda_t \cdot t_M \quad (2.7)$$

Thay (2.7) vào (2.6) và biến đổi, ta có:

$$\lambda_F \frac{\lambda_t}{\lambda_M \lambda_V} F_M = M_M \frac{dV_M}{dt_M} \quad (2.8)$$

Do tính đồng nhất, do đó:

$$\lambda_F \frac{\lambda_t}{\lambda_M \lambda_V} = 1 \quad (2.9)$$

trong đó: λ_F , λ_M , λ_V , λ_t lần lượt là tỷ lệ tương tự lực tác dụng, tỷ lệ tương tự khối lượng, tỷ lệ tương tự thể tích và tỷ lệ tương tự thời gian.

Như vậy, trong 4 tỷ lệ tương tự, có thể lựa chọn tùy ý 3 tỷ lệ, còn tỷ lệ thứ 4 phải thỏa mãn công thức (2.9). Thay thế tỷ lệ tương tự trong công thức (2.9) bằng tỷ số giữa MH và NH được biểu thức sau:

$$F_N \frac{I_N}{M_N V_N^2} = F_M \frac{I_M}{M_M V_M^2} = Ne \quad (2.10)$$

trong đó: Ne là tiêu chuẩn tương tự Newton.

l là đơn vị đo chiều dài: $\lambda_l = \lambda_v \cdot \lambda_t$

Có thể thấy rằng, trị số tiêu chuẩn tương tự Newton tại hai điểm tương ứng của hai dòng chảy tương tự giữa NH và MH phải bằng nhau, nghĩa là $Ne_N = Ne_M$.

Trên cơ sở tiêu chuẩn tương tự cơ học chung nhất Newton, có thể xây dựng được các tiêu chuẩn tương tự riêng như: Froude, Reynolds, Webe,... tùy thuộc vào ảnh hưởng của lực tác dụng chủ yếu là trọng lực hay lực ma sát, sức căng mặt ngoài,...

2.3.4.2. *Tiêu chuẩn tương tự Froude* (khi lực tác dụng chủ yếu là trọng lực)

Nếu lực tác dụng chủ yếu là trọng lực (G): $G = M \cdot g$ (g là gia tốc trọng trường)

Thay F trong công thức tiêu chuẩn tương tự Newton (2.10) bằng G và rút gọn ta có:

$$\frac{V_N^2}{g_N l_N} = \frac{V_M^2}{g_M l_M} = Fr \quad (2.11)$$

Biểu thức (2.11) là tiêu chuẩn tương tự về số Froude

2.3.4.3. *Tiêu chuẩn tương tự Reynolds* (cho dòng chảy tầng và chảy rối ở khu thành trơn thủy lực, khu sức cản bình phương, khu quá độ thành trơn – thành nhám)

$$\text{Nếu lực tác dụng chủ yếu là lực ma sát: } \tau = \mu \frac{dV}{dn} \quad (2.12)$$

trong đó: τ là lực ma sát giữa chất lỏng và lòng dẫn, μ là độ nhớt động lực học chất lỏng.

n là độ nhám lòng dẫn

Áp dụng tiêu chuẩn tương tự Newton (2.10) và thay $F = \tau \cdot A$ và rút gọn ta có:

$$\frac{V_N \cdot I_N}{V_N} = \frac{V_M \cdot I_M}{V_M} = Re \quad (2.13)$$

Biểu thức (2.13) là tiêu chuẩn tương tự Reynolds

trong đó: v là hệ số nhớt động.

2.3.4.4. *Tiêu chuẩn tương tự Webe* (nếu lực tác dụng chủ yếu là sức căng mặt ngoài)

Khi lực tác dụng chủ yếu là sức căng mặt ngoài (F): $F = \sigma \cdot l$ (σ là hệ số sức căng mặt ngoài, l là chiều dài đặc trưng)

Thay $F = \sigma \cdot l$ vào công thức (2.10) và rút gọn ta có:

$$\frac{\sigma_N}{\rho_N \cdot V_N^2 \cdot l_N} = \frac{\sigma_M}{\rho_M \cdot V_M^2 \cdot l_M} = We \quad (2.14)$$

Biểu thức (2.14) là tiêu chuẩn tương tự Webe

2.3.5 Điều kiện mô hình hóa các hiện tượng thủy động lực

Khi MHH các điều kiện thủy động lực, việc lựa chọn các tỷ lệ MH giữ một vai trò đặc biệt quan trọng. Việc lựa chọn này xuất phát từ các điều kiện tương tự rút ra từ các định luật tương tự và phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Nếu dòng chảy trong NH là rối thì dòng chảy trong MH cũng phải là rối ($Re > Re_K$). Khi MH là dòng rối thì tỷ lệ nhỏ nhất cho phép được xác định theo điều kiện:

$$Re_K < \frac{V_M R_M}{\nu_M} = \frac{1}{\nu_M} \cdot \frac{V_M R_M}{\lambda_1^{3/2}} \quad (2.18)$$

Trên cơ sở các thí nghiệm, người ta lấy tỷ lệ MH nhỏ nhất cho phép là:

$$\lambda_{\min} = (30 \div 50) \sqrt[3]{V_N^2 \cdot R_N^2} \quad (2.19)$$

- Phải đảm bảo tương tự về độ nhám của lòng dẫn. Để đảm bảo trên MH có sự tương tự với NH về dòng chảy sát vách và phân bố chính xác tốc độ dòng chảy thì MH phải đảm bảo tương tự hình học với NH về mọi mặt, kể cả độ nhám.

Đa số các trường hợp không thực hiện được điều kiện trên. Do đó, khi MHH theo tiêu chuẩn lực cản thường phải chọn loại độ nhám nào đó hoặc thay đổi hệ số lưu lượng để đảm bảo yêu cầu này.

2.4. Xây dựng mô hình thí nghiệm

Nghiên cứu tương tác giữa sóng và công trình thường được thực hiện trong mô hình mặt cắt và chỉ cần thí nghiệm trong máng sóng. Yêu cầu về hằng số tỷ lệ mô hình tương đối nhỏ, tức là mô hình phải tương đối lớn mới đảm bảo độ chính xác trong quan trắc [06].

Để tương tự về các yếu tố sóng, mô hình được thiết kế theo mô hình chính thái, hướng sóng ban đầu giống với nguyên hình, hằng số tỷ lệ chiều dài sóng và chiều cao sóng giống nhau, tuân thủ định luật tương tự Froude [06].

- Theo kiến nghị của O. Kirchner trong [06], để chuyển động sóng không bị ảnh hưởng của lực căng bề mặt, độ sâu nước trong mô hình (d) > 5cm, chiều cao sóng (H_s) > 2cm [06].

- Theo TCVN 8214:2009 [42], để giảm thiểu ảnh hưởng của lực nhớt, dòng chảy trong mô hình phải là dòng chảy rối (Re) > 2000.

2.4.1. Tỷ lệ mô hình

Căn cứ điều kiện mô hình hóa các hiện tượng thủy động lực (công thức 2.19), tỷ lệ tương tự mô hình lựa chọn để nghiên cứu trong luận án là $\lambda_L = \lambda_h = 20$. Tỷ lệ của các đại lượng vật lý dẫn xuất dùng trong thí nghiệm theo tỷ lệ tương tự mô hình được xác định ở Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Các giá trị tỷ lệ mô hình – nguyên hình

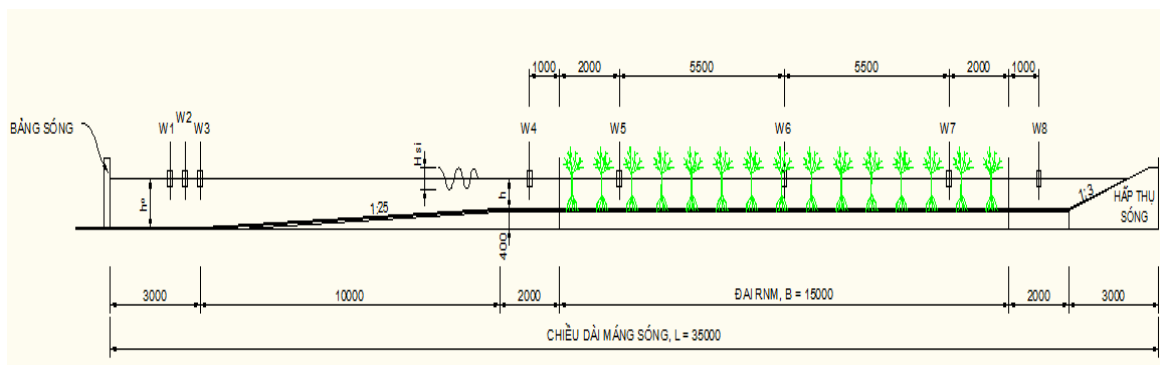
Các đại lượng	Tỷ lệ mô hình/nguyên hình
Tỷ lệ độ dài, chiều cao sóng, m	$\lambda_L = \lambda_h = 20$
Tỷ lệ thời gian, chu kỳ, s	$\lambda_T = \sqrt{\lambda_L} = 4,472$
Tỷ lệ tần số, Hz	$\lambda_f = \frac{1}{\lambda_T} = 0,2236$
Tỷ lệ trọng lượng, kg	$\lambda_P = \lambda_L^3 = 8000$
Tỷ lệ diện tích, m ²	$\lambda_A = \lambda_L^2 = 400$

Các đại lượng	Tỉ lệ mô hình/nguyên hình
Tỷ lệ thể tích, m ³	$\lambda_w = \lambda_L^3 = 8000$
Tỷ lệ đơn vị đo áp lực, mBar	$\lambda_p = 20$
Tỷ lệ lưu lượng, m ³ /s	$\lambda_q = \lambda_L^{2.5} = 1788,854$
Tỷ lệ vận tốc	$\lambda_v = \sqrt{\lambda_L} = 4,472$

2.4.2. Địa hình bãi trồng CNM

Luận án lựa chọn mặt cắt bãi tại xã Giao Xuân, Giao Thủy, Nam Định (mặt cắt số 6) [25] làm biên địa hình thí nghiệm MHVL.

Chiều dài bãi trên mô hình (MHT và MHVL) là 35 m (tương đương 700 m ngoài thực tế), trong đó: đoạn thuộc vùng có chiều sâu khởi tạo dài 3 m; đoạn chuyển tiếp từ vùng có chiều sâu khởi tạo và vùng bãi nước nông dài 10 m; đoạn bãi nước nông trước RNM dài 2 m; Bãi có RNM dài 15 m; đoạn bãi sau RNM dài 2 m và đoạn hấp thụ sóng dài 3 m. Chi tiết các phân đoạn trong MHVL xem Hình vẽ 2.8



Hình 2.8. Mô phỏng cắt dọc máng sóng thí nghiệm

2.4.3. Cấu trúc RNM

Căn cứ kết quả thu thập và phân tích tổng hợp về RNM tại thực tế hiện trường khu vực ven biển Thái Bình, Nam Định và tham khảo TCVN 10405: 2014, Công trình thủy lợi - Đai cây chắn sóng - Khảo sát và thiết kế, các yếu tố liên quan RNM được lựa chọn như sau:

- Loài CNM: CNM lựa chọn nghiên cứu và mô phỏng trên MH là cây bần chua (*Sonneratia caseolaris*) độ tuổi từ 7 tuổi đến 9 tuổi, cao từ 20 cm đến 25 cm (tương đương từ 4 m đến 5 m ngoài thực tế) (Hình 2.9). Cây thí nghiệm trên MH được chế tạo bằng cây nhựa (bổ sung cây thật mô phỏng bằng cành ngâu) (Hình 2.10) được đảm bảo tương tự về hình học và độ uốn cản sóng.
- Mật độ cây thí nghiệm trên MH là: $N_1 = 85 \text{ cây/m}^2$ và $N_2 = 60 \text{ cây/m}^2$ (tương đương 2125 cây/ha và 1500 cây/ha ngoài thực tế).



Hình 2.9. Hình ảnh CNM ngoài thực tế và trên MHVL (cây thật)



Hình 2.10. Mô hình hóa và bố trí CNM trên máng sóng (Cây nhựa)

2.4.4. Các các yếu tố động lực ven bờ

Căn cứ điều kiện thủy hải văn thực tế tại khu vực Thái Bình, Nam Định và TCVN 9901:2014 Công trình thủy lợi – Tiêu chuẩn thiết kế đê biển [39] (Phụ lục A kèm theo), luận án lựa chọn các giá trị về sóng và mực nước khi tiến hành thí nghiệm trên MHT và MHVL như sau:

- Độ sâu nước trước rừng (d , m): 0,1; 0,15; 0,20; 0,25 (tương đương độ sâu 2; 3; 4; 5 m ngoài thực tế).
- Chiều cao sóng (H_{m0} , m): 0,08; 0,12; 0,15; 0,20; 0,25 (tương đương chiều cao 1,6; 2,4; 3,4; 4; 5 m ngoài thực tế).
- Chu kỳ sóng (T_p , s): 1,3; 1,6; 1,8; 2; 2,1; 2,2; 2,3; 2,5; 2,8 (tương đương 5,8; 7,2; 8; 8,9; 9,4; 9,8; 10,3; 11,2; 11,5 s ngoài thực tế).

Từ các giá trị ở trên, tổ hợp thành 28 thí nghiệm cho 01 trường hợp bãi không có RNM, 01 trường hợp bãi có RNM mật độ $N_1 = 85$ cây/m² (tương đương 2125 cây/ha ngoài thực tế) và 01 trường hợp bãi có RNM mật độ $N_2 = 60$ cây/m² (tương đương 1500 cây/ha ngoài thực tế). Cụ thể như tại Phụ lục C.

2.4.5. Máng thí nghiệm sóng và thiết bị đo sóng

Để thực hiện các nội dung nghiên cứu của luận án, nghiên cứu sinh đã tiến hành thí nghiệm tại máng sóng của Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển và máng sóng của Phòng thí nghiệm thủy động lực sông biển thuộc Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

Máng thí nghiệm sóng có tổng chiều dài 40 m, cao 1,5 m, rộng 1,2 m. Máy tạo sóng dạng Piston và hệ thống hấp thụ sóng phản xạ chủ động ARC (Active Reflection Compensation) cho phép tạo sóng với độ chính xác cao; máng có thể tạo sóng đều hoặc sóng ngẫu nhiên có chiều cao tối đa là 0,30 m và chu kỳ dài nhất là 3,0 s theo một số dạng phổ sóng phổ biến như JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) hay Peirson-Moskowitz (PM); đầu đo sóng dài 1,2 m bằng thép không gỉ, độ chính xác $\pm 1\%$, đường tín hiệu từ đầu đo sóng được kết nối với các cổng vào của máy tính.

Hình 2.8 và Hình 2.11 thể hiện hình ảnh bố trí công trình và thiết bị đo trên MHVL. Các tham số đo đặc chủ yếu trong thí nghiệm là các đặc trưng sóng phổ (chiều cao, chu kỳ) trước và sau RNM.



Hình 2.11. Máng thí nghiệm sóng

Để quan sát các tham số sóng (H_{rm0} , T_p), khi thí nghiệm đã sử dụng 08 đầu đo sóng: Đầu đo WG1, WG2, WG3 đặt ở đầu bãi, cách máy tạo sóng 300 cm (tương đương 60 m ngoài thực tế) nhằm kiểm định thông số sóng đầu vào; đầu đo WG4 đặt về phía máy tạo sóng, cách rừng 100 cm (tương đương 20 m ngoài thực tế) để đo chiều cao sóng trước RNM. Sở dĩ phải đặt cách biên phía ngoài rừng là 100 cm nhằm hạn chế sóng phản xạ, nhiễu xạ ảnh hưởng đến kết quả đo; đầu đo WG5 đặt cách đầu đo WG4 là 300 cm (tương đương 60 m ngoài thực tế), sâu vào phía trong rừng 200 cm với mục đích kiểm tra quá trình biến đổi chiều cao sóng khi lan truyền vào RNM; đầu đo WG6 đặt tại giữa đai RNM, cách đầu đo WG5 là 550 cm (tương đương 110 m ngoài thực tế); đầu đo WG7 đặt cách đầu đo WG6 là 550 cm (tương đương 110 m ngoài thực tế), cách hàng cây cuối cùng bên trong đai RNM là 200 cm; đầu đo WG8 cách biên phía trong của đai RNM 100 cm (tương đương 20 m ngoài thực tế) nhằm hạn chế tối đa ảnh hưởng của sóng phản xạ, nhiễu xạ. Cụ thể bố trí vị trí các đầu đo sóng trên MHVL như Hình 2.8

2.5. Kiểm tra kỹ thuật và điều kiện giới hạn

Để hạn chế những hỏng hóc, sai số không đáng có xảy ra trong quá trình thí nghiệm, giúp cho việc thí nghiệm đạt hiệu quả tốt, độ chính xác cao. Trước khi tiến hành thí nghiệm đã tiến hành kiểm tra: Hệ thống đầu đo, máy đo, dây kết nối đầu đo với máy tính, máy tạo sóng và hệ thống máy tính; Điều kiện làm việc của các phần mềm do nhà chế tạo cung cấp; Độ chính xác của mặt cắt được chế tạo, vị trí các mốc cao độ.

Sau khi kiểm tra và hiệu chỉnh theo các quy trình do Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sóng biển ban hành (QT630-01/PTNTĐ, QT751-01/PTNTĐ,...), tất cả đều đảm bảo độ chính xác, hoạt động ổn định.

2.6. Lựa chọn MHT mô phỏng lan truyền sóng qua RNM

MHT đang là công cụ hữu hiệu trong tính trường sóng, dòng chảy và thiết kế các công trình ven biển. MHT cũng là công cụ hỗ trợ nhằm giảm bớt khối lượng thí nghiệm MHVL, cùng với MHVL để đánh giá xu thế các quá trình vật lý xảy ra do tương tác giữa sóng với RNM và sự giảm sóng do RNM.

Mô hình tính sóng ven bờ sử dụng phổ biến hiện nay là mô hình phổ sóng (như mô hình SWAN), dạng mô hình này tính toán sự biến đổi của năng lượng sóng (E) trên toàn miền, từ đó dễ dàng đưa ra giá trị cụ thể của chiều cao sóng tại điểm cần quan tâm trong miền. Nhưng SWAN ít nhạy với sự thay đổi của các tham số cây (chiều cao và mật độ), mà chỉ xét đến ảnh hưởng của cây thông qua 1 hệ số cản tổng hợp chung (tuy nhiên, một số tác giả cũng đã sử dụng công thức của Dalrymple (1984) tích hợp vào mô hình SWAN để tính toán sóng tiêu tán khi truyền qua RNM). Ngày nay, với hiệu năng của máy tính được nâng cao, các mô hình họ Boussinesq và mô hình phi thủy tĩnh (non-hydrostatic) là những mô hình phức tạp hơn về mặt bản chất toán học cũng đã được áp dụng [58].

Đặc điểm nổi bật của mô hình họ Boussinesq là mô hình tán xạ, mô phỏng tốt đặc tính biến đổi tần số của sóng (phổ sóng). Tuy nhiên, khả năng mô phỏng sóng vỡ của các mô hình họ Boussinesq tương đối yếu, do đó hiệu quả tính toán trong vùng nước nông không cao. Mô hình phi thủy tĩnh về thủy động học sóng biển có khả năng mô phỏng truyền sóng tương đối ngắn, nơi không chỉ tần số lan truyền mà cả hiệu ứng phi tuyến đều đóng một vai trò quan trọng. Mô hình SWASH là một trong những mô hình phi thủy tĩnh, được phát triển bởi nhóm nhà khoa học ở Hà Lan (the SWASH team) [58],[59].

2.7. Mô hình SWASH

SWASH (**S**imulating **W**aves till **S**Hore), là mô hình số trị, phi thủy tĩnh, mô tả dòng chảy có bề mặt thoáng và hiện tượng truyền chất trong không gian một, hai hay ba chiều. Cơ sở khoa học của SWASH là cung cấp một mô hình có hiệu suất cao và mạnh, cho phép áp dụng trên một phạm vi rộng cả về không gian và thời gian của bề mặt sóng và dòng chảy sóng ở vùng nước nông trong môi trường phức tạp. Trong thực tế, SWASH có thể được sử dụng tính toán trong chế độ độ sâu trung bình hoặc chế độ đa tầng, trong đó miền tính toán được chia thành một số cố định các lớp địa hình theo chiều dọc [58].

SWASH cải thiện sự phân tán tần số bằng cách tăng số lượng của lớp chứ không tăng thứ tự các dẫn xuất của các biến phụ thuộc như mô hình họ Boussinesq. Ngoài ra, SWASH yêu cầu chỉ cần một tham số điều chỉnh cho hiện tượng sóng vỡ, mà

trong thực tế là tương đối dễ dàng để ước tính. So với các mô hình họ Boussinesq, mô hình này nổi bật ở khả năng mô phỏng các quá trình phức tạp gần bờ, bao gồm cả sóng vỡ, tương tác phi tuyến, sóng tiến và sóng điều hòa. Chính vì các ưu điểm trên, nghiên cứu sinh đã bước đầu tìm hiểu mô hình SWASH và ứng dụng để tính lan truyền sóng qua RNM. Khu vực trũng RNM thường chịu ảnh hưởng của các hiện tượng biến hình nước nông, cũng như sóng vỡ [58].

2.7.1 Hệ phương trình cơ bản sử dụng trong mô hình SWASH

Các phương trình cơ bản của SWASH là các phương trình nước nông phi tuyến bao gồm cả áp suất phi thủy tĩnh và một số phương trình truyền chất. Dòng chảy có mặt thoáng phi thủy tĩnh được mô tả bởi các phương trình phi tuyến nước nông (vốn bắt nguồn từ các phương trình Navier-Stokes cho chất lỏng không nén được) bao gồm các phương trình bảo toàn khối lượng và bảo toàn động lượng:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0 \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{h} \int_{-d}^{\zeta} \frac{\partial q}{\partial x} dz + c_f \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{h} = \frac{1}{h} \left(\frac{\partial h \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}}{\partial y} \right) \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{h} \int_{-d}^{\zeta} \frac{\partial q}{\partial y} dz + c_f \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{h} = \frac{1}{h} \left(\frac{\partial h \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}}{\partial y} \right) \quad (2.22)$$

trong đó:

t là thời gian (s)

$d(x,y)$ là độ sâu nước tĩnh

g là gia tốc trọng trường

c_f là hệ số nhám (phi thứ nguyên)

τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yx} , và τ_{yy} là ứng suất rớt ngang

$q(x, y, z, t)$ là áp suất phi thủy tĩnh (chuyển hóa theo mật độ)

x, y, z là các tọa độ: x, y đặt tại mặt nước và trục z hướng lên, (m)

$\zeta(x, y, t)$ là cao độ mặt nước tính từ mực nước tĩnh (độ dềnh cao do sóng)

$h = \zeta + d$ là độ sâu nước (tổng cộng) có kể đến độ dềnh cao do sóng ζ

$u(x, y, t)$ và $v(x, y, t)$ là lưu tốc trung bình độ sâu tương ứng với các phương x và y .
 Với mô hình SWASH, hệ số nhám đáy (c_f) có thể được biểu thị thông qua hệ số Chezy, xác định theo công thức Maninh:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} (\text{m}^{0,5} / \text{s}) \quad (2.23)$$

trong đó: n là hệ số nhám ($n < 0,02$); R là bán kính thủy lực;

hoặc xác định theo công thức (2.24):

$$c_f = \frac{n^2 g}{h^{1/3}} \quad (2.24)$$

trong đó: n là hệ số nhám ($n = 0,014 \div 0,0225$);

Các phương trình (2.20), (2.21) và (2.22) được giải theo phương pháp phần tử khối (FVM - Finite Volume Method).

SWASH có thể miêu tả biến dạng sóng trong cả vùng sóng vỡ và sóng vỡ (swash zone) do tương tác sóng phi tuyến, sự tương tác của sóng với dòng chảy và sự tương tác của sóng với công trình, sự giảm sóng qua thực vật (RNM) và sóng vỡ cũng như sóng leo lên mặt bãi biển.

Các đặc tính của thực vật được khai báo như chiều cao cây, đường kính thân cây, mật độ cây và hệ số cản (C_D) của CNM. Sự tiêu hao năng lượng do lực cản của cây được miêu tả trong SWASH như sau:

$$\varepsilon_v = \frac{2}{3\pi} \rho C_D \int_0^d N(z) \frac{\pi}{4} d_v^2(z) \hat{u}_{orb}^3(z) dz \quad (2.25)$$

với: ε_v là năng lượng tiêu hao do cây;

$N(z)$ và $d_v(z)$ lần lượt là mật độ và đường kính thân hoặc cành cây ở độ sâu z ;

\hat{u}_{orb} là vận tốc quỹ đạo phần tử nước do sóng, xác định theo lý thuyết sóng tuyến tính;

C_D là hệ số cản phụ thuộc vào tính chất dòng chảy và loại cây.

2.7.2 Điều kiện biên và các tham số mô hình

Số liệu sóng thu tại các đầu đo được sử dụng để kiểm tra, xác định bộ thông số mô hình phù hợp nhất cũng như làm số liệu đầu vào cho mô hình toán.

a) Các thông số đầu vào của mô hình

[1] Lưới độ sâu: được thiết lập dựa vào địa hình miền tính và độ sâu nước tương ứng cho từng trường hợp. Độ phân giải không gian của lưới được lấy bằng 0,01 m. Các ô lưới tương ứng với điểm bên trên mặt nước biển (tính) được định nghĩa có độ sâu âm, còn các ô lưới tương ứng với điểm bên dưới mặt nước biển được định nghĩa có độ sâu dương.

[2] File số liệu sóng đầu vào: lấy tại đầu đo số 1,2,3 của MHVL ngay sau bảng sóng để đảm bảo độ chính xác. Số liệu sóng được đo đạc với tần số 50 Hz.

[3] Lớp hấp thụ sóng phản xạ: lớp hấp thụ sóng dài 3 m, đặt cuối máng sóng để hấp thụ năng lượng sóng còn lại sau khi ra khỏi đai RNM (Hình 2.8 và Hình 2.13).

[4] Ma sát đáy: trong các thông số đầu vào thì ma sát đáy có ảnh hưởng rất lớn đến kết quả tính toán của mô hình, nên cần hiệu chỉnh hệ số ma sát đáy sao cho kết quả tính toán về chiều cao sóng tương đồng với số liệu thực đo của MHVL.

Ứng với mỗi độ sâu nước sẽ có khoảng giá trị riêng biệt về ma sát đáy. Sau khi tính toán, khoảng giá trị ma sát đáy cho mỗi độ sâu nước như Bảng 3.1

[5] Độ nhớt: do phạm vi mô hình không lớn và sóng chỉ lan truyền theo 1 phương nên độ nhớt ảnh hưởng không nhiều đến kết quả tính toán. Do đó, tác giả chỉ mô phỏng độ nhớt theo phương đứng với các hệ số chuẩn đã được mặc định sẵn.

[6] Sóng vỡ: trong mô hình SWASH, quá trình tiêu hao năng lượng do sóng vỡ được thể hiện thông qua 2 hệ số góc:

* Anpha (α): đại diện cho độ dốc sóng, xác định ngưỡng giá trị mà tại đó sóng bắt đầu vỡ. Ngưỡng giá trị khuyến dùng là $\alpha = 0,6$ (ứng với độ dốc sóng là 25°).

* Beta (β): là ngưỡng giá trị kết thúc quá trình sóng vỡ. Lưu ý đưa ra là $\alpha > \beta$ và giá trị được khuyến dùng là $\beta = 0,3$

Như vậy, những tham số hiệu chỉnh cơ bản chi phối các quá trình tiêu hao năng lượng trong SWASH là ma sát đáy (hệ số Chezy) và hệ số góc sóng vỡ (α, β).

b) Thời gian mô phỏng và bước thời gian tính toán:

Thời gian tính toán phải bắt đầu tại một thời điểm sớm hơn để trạng thái ban đầu của SWASH được truyền đi qua khu vực tính toán trước khi thu nhận kết quả. Bước thời gian tính toán trong SWASH phải đủ ngắn để phân giải được những thay đổi theo thời gian của gió, áp suất và ma sát đáy.

Với mô hình 1D, bước thời gian tính toán được xác định bằng công thức:

$$Cr = \frac{\Delta t(\sqrt{gh} + |u|)}{\Delta x} \leq 1 \quad (2.26)$$

trong đó: Cr là số Courant (trong khoảng 0,5 đến 0,8)

Δt là bước thời gian (t)

Δx là chiều rộng lưới theo phương x (m)

g là gia tốc trọng trường ($9,81 \text{ m/s}^2$)

u là vận tốc dòng chảy theo phương x (m/s)

h là độ sâu nước (m)

Để dễ dàng so sánh với số liệu thực đo, thời gian mô phỏng trong quá trình chạy mô hình toán lấy bằng thời gian mô phỏng của thí nghiệm MHVL, bước thời gian tính toán lấy tương ứng với tần số đo đạc của thí nghiệm MHVL là: 0,02 s.

2.7.3. Thiết lập mô hình

Việc thiết lập mô hình tính toán cho SWASH bao gồm các nội dung sau:

- Thiết lập lưới địa hình, lưới độ sâu và lưới thực vật (CNM);
- Thiết lập điều kiện biên thủy lực: mực nước và sóng tại biên đầu vào;

- Các tham số tính toán của mô hình (độ nhám, hệ số cản, tham số rối, tham số sóng vỡ, ...), các tham số chạy: bước lưới, thời gian, ...

trong đó:

+ Lưới độ sâu là một trong những yếu tố quan trọng trong các dữ liệu đầu vào. Phân bố các lớp theo độ sâu như Hình 2.12;

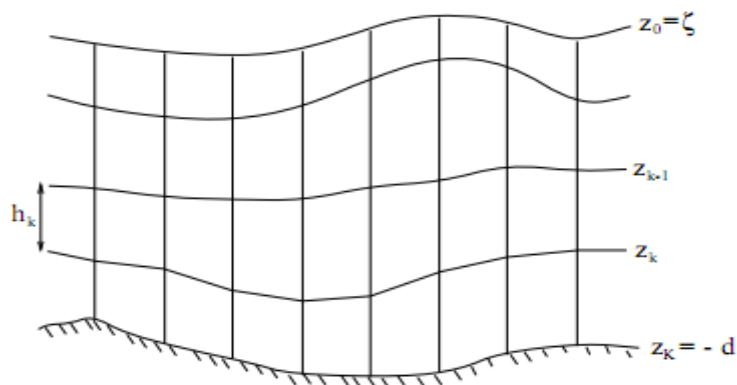
+ Thông số đầu vào bao gồm các lưới cho địa hình đáy, trường dòng chảy (ban đầu), mực nước (ban đầu), ma sát đáy, gió, áp suất khí quyển, kích thước hạt và mật độ thực vật (nếu biến đổi theo không gian).

Yếu tố quan trọng trong việc xác định lưới tính toán là độ phân giải tương đối so với chiều cao sóng. Đối với sóng nhỏ, tức là $H/h \ll 1$ nên có đủ 50 ô lưới (hoặc 51 điểm lưới); đối với các sóng tương đối lớn nên có ít nhất 100 ô lưới.

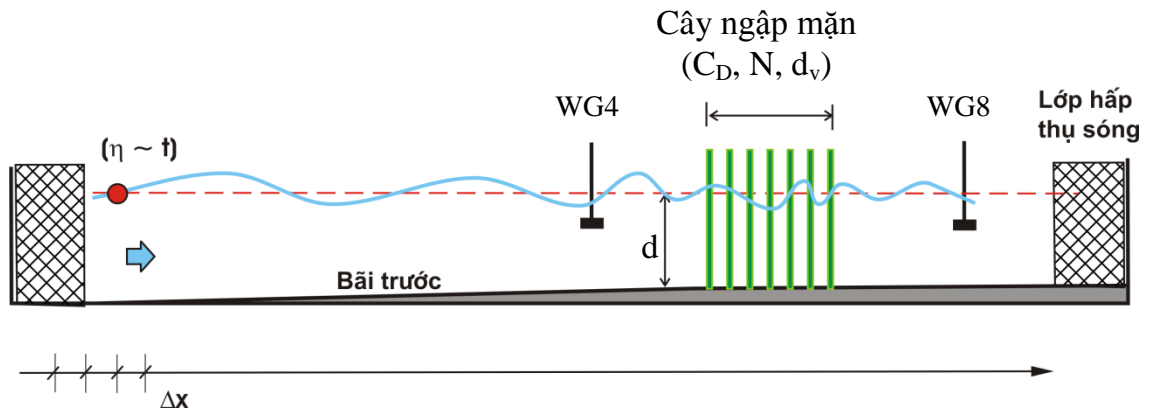
Số lượng các lớp theo phương thẳng đứng được xác định bởi sự phân tán tần số tuyến tính. Sự lựa chọn của số lượng các lớp phụ thuộc vào hai yếu tố: cấu trúc dòng chảy theo phương thẳng đứng và biến đổi sóng trong quá trình lan truyền.

Bảng 2.4. Độ sâu không thứ nguyên tương ứng với số lớp K trong SWASH

Số lớp K	Phạm vi	Sai số	Số lớp K	Phạm vi	Sai số
1	$Kd \leq 0.5$	1%	3	$Kd \leq 7.7$	1%
2	$Kd \leq 2.9$	3%	4	$Kd \leq 16.4$	1%



Hình 2.12. Định nghĩa lưới theo phương đứng với K lớp và K + 1 mặt tiếp giáp



Hình 2.13. Thiết lập và không gian tính toán của mô hình SWASH

Trong SWASH, có thể đưa lưới địa hình đáy thực và khai báo mực nước tính toán hoặc chỉ cần đưa lưới độ sâu. CNM được nhận biết trên lưới địa hình theo kiểu ON/OFF (bằng 0 khi không có CNM, bằng 1 khi ở các mắt lưới có CNM). Sóng sử dụng nghiên cứu, tính toán là sóng ngẫu nhiên với các dạng phổ khác nhau. Ngoài ra, để giảm thiểu ảnh hưởng của sóng phản xạ làm nhiều số liệu tính toán. Sơ đồ không gian tính toán của mô hình SWASH được minh họa như Hình 2.13.

2.8. Kết luận Chương 2

Căn cứ đặc điểm hình thái và đặc trưng khí tượng thủy hải văn dải ven biển khu vực nghiên cứu, có thể nhận dạng và MHH các yếu tố đặc trưng về: điều kiện địa hình bãi, đặc điểm, cấu trúc RNM và các yếu tố động lực ven bờ phục vụ cho việc mô phỏng, xây dựng MH và tổ hợp các kịch bản thí nghiệm trên MHT và MHVL. Áp dụng lý thuyết tương tự mô hình để MHH các đối tượng sóng, triều, địa hình bãi, CNM và các thuộc tính của đối tượng ngoài thực tế bằng MH để có thể mô phỏng các quá trình hoạt động và đo lường, quan sát các đại lượng vật lý một cách trực quan với độ chính xác cao nhằm giải thích các quá trình vật lý tiêu hao năng lượng sóng vùng ven bờ.

Để có được tương tự về các yếu tố sóng, căn cứ lý thuyết tương tự mô hình và điều kiện cụ thể của máng thí nghiệm sóng, khi mô phỏng để nghiên cứu tương tác giữa sóng và cây ngập mặn trong máng sóng, nghiên cứu sinh lựa chọn để thiết kế theo mô hình mặt cắt, lòng cứng, chính thái, hướng sóng ban đầu của mô hình giống với nguyên hình, hằng số tỷ lệ $\lambda_l = \lambda_B = \lambda_h = 20$. Thí nghiệm tiến hành trong điều kiện: độ sâu nước (d) > 5 cm; chiều cao sóng (H_s) > 2 cm; dòng chảy trong mô hình phải là dòng chảy rối (Re) > 2000.

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÁC DỤNG GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN

3.1 Đặt vấn đề

Mục tiêu chung nhất của luận án là xây dựng quan hệ thực nghiệm xác định hệ số cản C_D và suy giảm chiều cao sóng qua RNM. Trong chương này nghiên cứu sinh sẽ sử dụng:

a) MHT nhằm đánh giá xu thế và phạm vi ảnh hưởng của việc mở rộng mật độ cây, tuổi cây và chiều rộng đai RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng nhằm hỗ trợ MHVL, giảm bớt khối lượng thí nghiệm MHVL. Để đạt được mục tiêu trên, trước tiên sẽ tiến hành thí nghiệm trên MHVL cho 24 thí nghiệm tương ứng với 08 tổ hợp về sóng, triều và 03 tổ hợp về mật độ (bãi không có cây và bãi có cây mật độ $N_1 = 85 \text{ cây/m}^2$ và $N_2 = 60 \text{ cây/m}^2$ (tương đương 2125 cây/ha và 1500 cây/ha ngoài thực tế)) làm cơ sở để hiệu chỉnh MHT.

Trình tự, các bước đánh giá xu thế và xác định phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng thể hiện trên Hình 3.1;

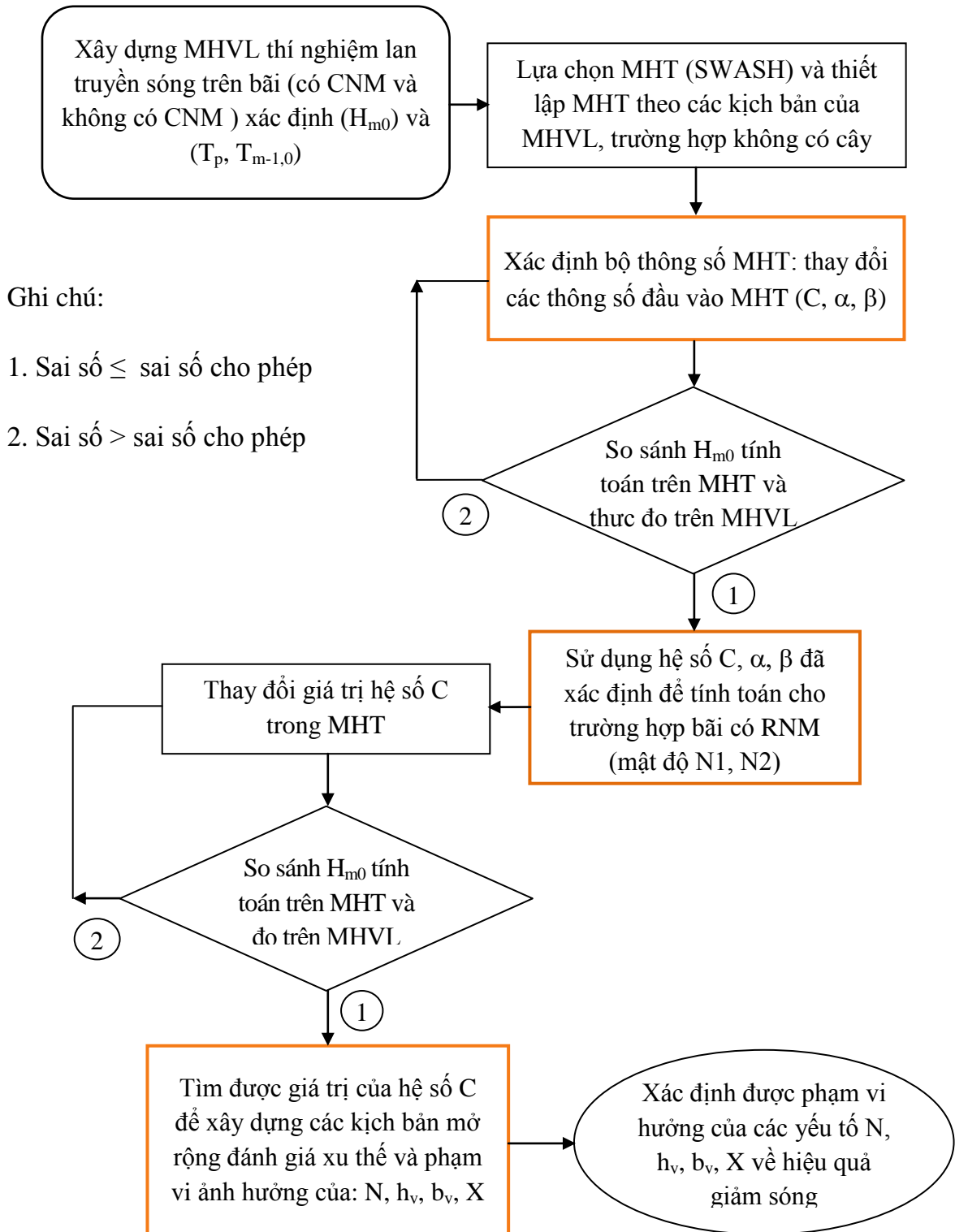
b) MHVL làm cơ sở xây dựng công thức xác định hệ số cản C_D và công thức bán kính nghiệm tính toán suy giảm chiều cao sóng qua RNM. Trình tự và nội dung thực hiện như sau:

+ Theo phạm vi đã xác định bằng MHT, xây dựng các kịch bản chi tiết về sóng, triều để tiếp tục thí nghiệm trên MHVL. Triển khai thêm 60 thí nghiệm trên MHVL theo 03 tổ hợp về mật độ cây (mỗi tổ hợp tiến hành 20 thí nghiệm về sóng, triều);

+ Tổng hợp kết quả thí nghiệm trên MHVL, sử dụng phần mềm MatLab [60] để xử lý số liệu và xây dựng công thức xác định hệ số cản C_D và công thức bán kính nghiệm tính toán suy giảm chiều cao sóng qua RNM.

Trình tự và các bước thiết lập công thức bán kính nghiệm mô tả suy giảm chiều cao sóng qua RNM thể hiện trên Hình 3.12

3.2 Đánh giá xu thế và ảnh hưởng của đặc điểm cấu trúc RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng



Hình 3.1. Sơ đồ các bước đánh giá xu thế và xác định phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng

3.2.1. Xác định bộ thông số cho MHT

3.2.1.1 Các bước hiệu chỉnh bộ thông số MHT

Bước 1: Đối với mỗi độ sâu nước khác nhau, chọn 01 trường hợp và tiến hành hiệu chỉnh bộ thông số mô hình bằng cách thay đổi giá trị các thông số: ma sát đáy (C), hệ số góc sóng vỡ (α, β)... sau đó, so sánh giá trị chiều cao sóng tính toán (H_{m0}) với số liệu thực đo trên MHVL để tìm ra bộ thông số phù hợp nhất (C, α, β).

Bước 2: Sử dụng bộ thông số (C, α, β) đã được xác định ở bước 1 để tính toán cho trường hợp khác và so sánh giá trị chiều cao sóng tính toán (H_{m0}) với số liệu thực đo trên MHVL để đảm bảo độ chính xác của mô hình.

Bước 3: Lựa chọn bộ thông số mô hình xác định ở bước 1 và bước 2 (tính toán trong trường hợp không có cây) sử dụng để tiến hành tính toán cho trường hợp có cây ở bước tiếp theo.

Để có đủ dữ liệu hiệu chỉnh bộ thông số MHT, nghiên cứu sinh đã triển khai thí nghiệm trên MHVL theo 08 tổ hợp về độ sâu nước và đặc trưng sóng (Bảng 3.2). Tổng cộng gồm 24 thí nghiệm (03 trường hợp: bãi không có RNM; bãi có cây mật độ N_1 , bãi có cây mật độ N_2).

3.2.1.2 Xác định bộ thông số MHT (trường hợp bãi không có RNM)

a) Tổ hợp các thông số đầu vào của MHT như Bảng 3.1

Bảng 3.1. Tổ hợp các thông số đầu vào MHT (Hệ số Chezy và góc sóng vỡ)

TT	Độ sâu nước (d, m)	Hệ số Chezy ($m^{0.5}/s$)	α	β
1	0,10	30 ÷ 43	0,6 ÷ 0,8	0,3
2	0,15	32 ÷ 46	0,6	0,3
3	0,20	33 ÷ 48	0,4 ÷ 0,6	0,3
4	0,25	35 ÷ 50	0,4 ÷ 0,6	0,2 ÷ 0,3

b) Tổ hợp các kịch bản thí nghiệm từ các yếu tố: sâu nước và các đặc trưng sóng (chiều cao sóng, chu kỳ sóng) như Bảng 3.2

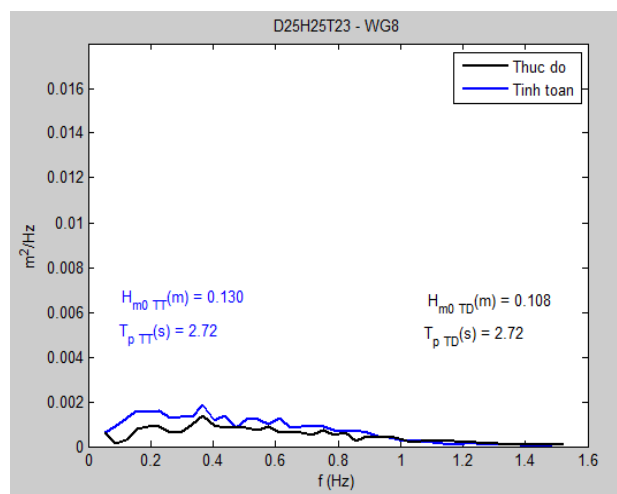
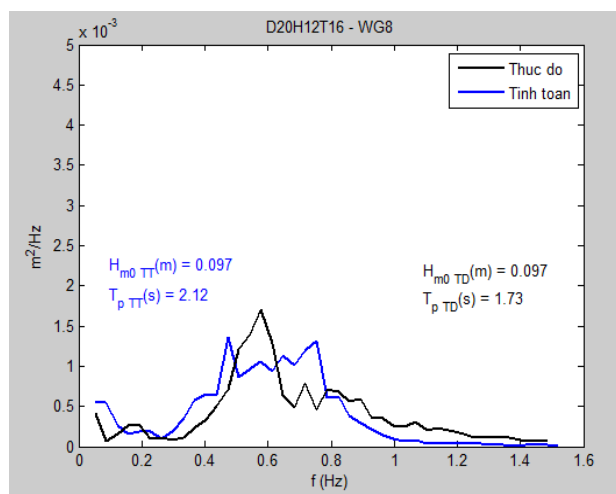
Bảng 3.2. Tổ hợp các kịch bản về độ sâu nước và đặc trưng sóng

TT	Trường hợp	Độ sâu nước (d, m)	Chiều cao sóng (H_{m0} , m)	Chu kỳ sóng (T_p , s)	Tần số thực đo (f, Hz)	Thời gian mô phỏng (t, s)
1	D10H08T16	0,10	0,08	1,6	0,02	850
2	D10H12T16		0,12	1,6	0,02	850
3	D15H12T16	0,15	0,12	1,6	0,02	850
4	D15H15T18		0,15	1,8	0,02	950
5	D20H12T16	0,20	0,12	1,6	0,02	850
6	D20H20T21		0,20	2,1	0,02	1100
7	D25H12T16	0,25	0,12	1,6	0,02	850
8	D25H25T23		0,25	2,3	0,02	1250

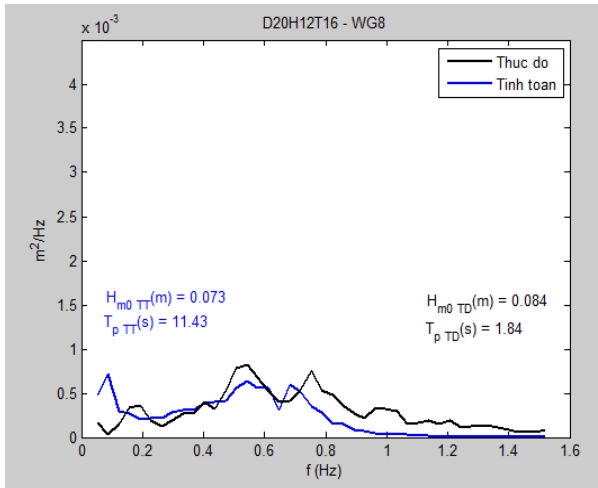
Chú thích:

- Các thông số sóng đưa vào thí nghiệm là sóng đều và sóng phổ Jonswap
- Giá trị trong Bảng 3.2 là giá trị trên mô hình (MH);

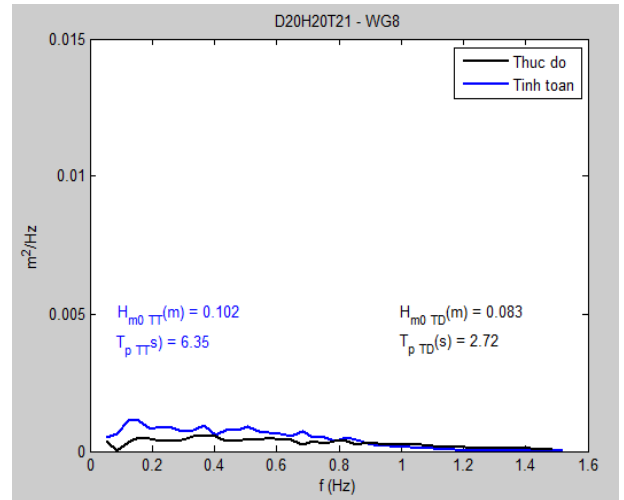
c) Kết quả tính toán xác định bộ thông số MHT (hệ số Chezy (C) và góc sóng vỡ (α, β))



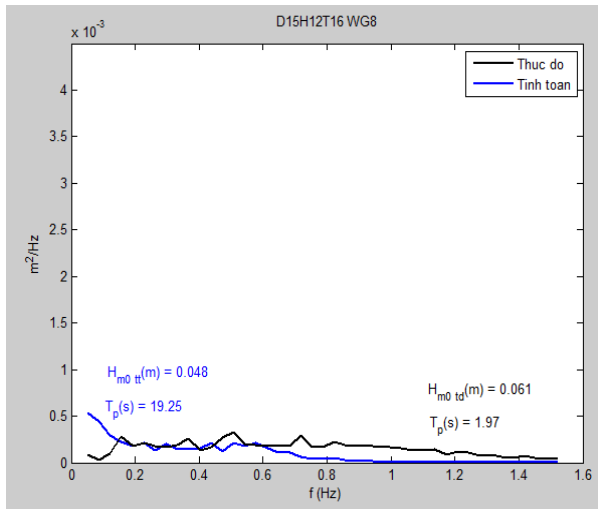
a) D25H12T16 ($C = 50, \alpha = 0,4, \beta = 0,3$)



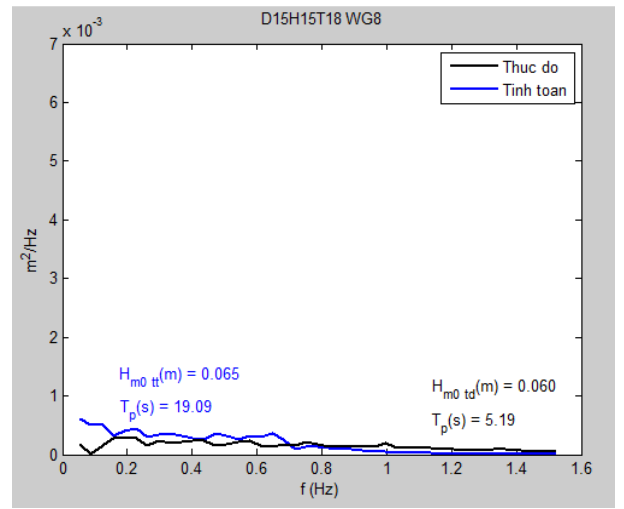
b) D25H25T23 ($C = 50, \alpha = 0,4, \beta = 0,3$)



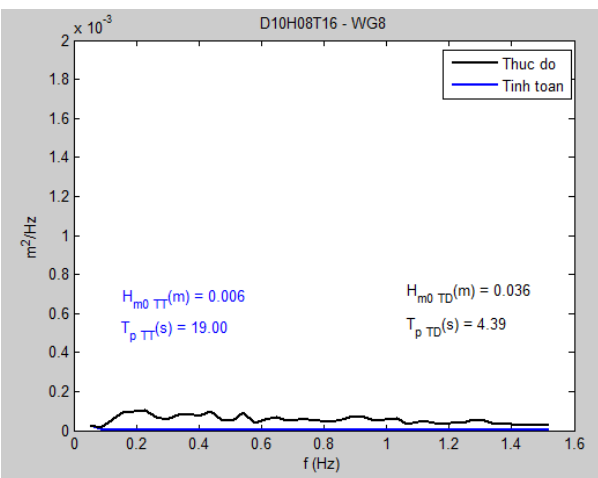
c) D20H12T16 ($C = 48, \alpha = 0,4, \beta = 0,3$)



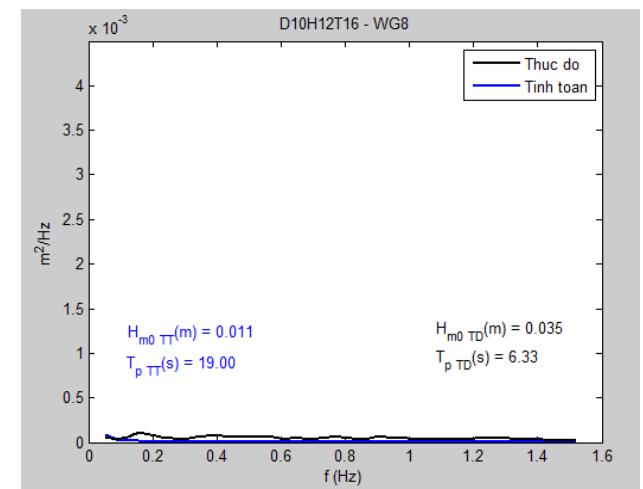
d) D20H20T21 ($C = 48, \alpha = 0,4, \beta = 0,3$)



đ) D15H12T16 ($C = 46, \alpha = 0,6, \beta = 0,3$)



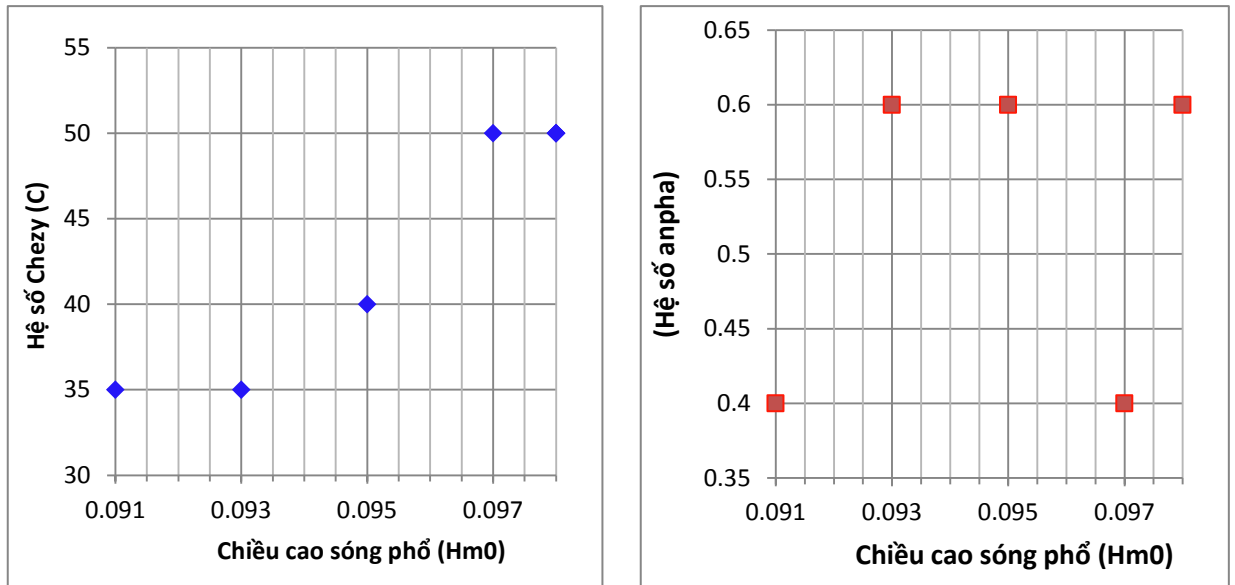
e) D15H15T18 ($C = 46, \alpha = 0,6, \beta = 0,3$)



g) D10H08T16 ($C = 43, \alpha = 0,8, \beta = 0,3$)

h) D10H12T16 ($C = 43, \alpha = 0,8, \beta = 0,3$)

Hình 3.2. So sánh xác định bộ thông số MHT (C, α, β)



Hình 3.3. Biến thiên các thông số đầu vào MHT – Trường hợp D25H12T16

Xem xét xu thế của các thông số đầu vào MHT (từ Hình 3.2 và Hình 3.3) cho thấy:

+ Các trường hợp có độ sâu nước lớn ($d = 0,20$ m và $d = 0,25$ m), tại vùng nước nông (WG4 và WG8) sự tương đồng về dạng giữa phổ sóng của thí nghiệm MHVL và MHT là khá tốt. Ngược lại, các trường hợp có độ sâu nước nhỏ ($d = 0,10$ m và $d = 0,15$ m) sự tương đồng giữa hai phổ sóng không cao (ảnh hưởng quá lớn của ma sát đáy).

+ Ma sát đáy mà đại diện là hệ số Chezy (C) có ảnh hưởng nhiều nhất đến mô hình: khi hệ số Chezy giảm thì chiều cao sóng phổ cũng giảm rõ rệt. Sự biến đổi của hệ số C và H_{m0} là tương đồng;

+ Góc sóng vỡ mà đại diện là hệ số (α) ít ảnh hưởng đến mô hình: sự biến đổi giữa góc sóng vỡ với chiều cao sóng phổ không tương đồng nhau.

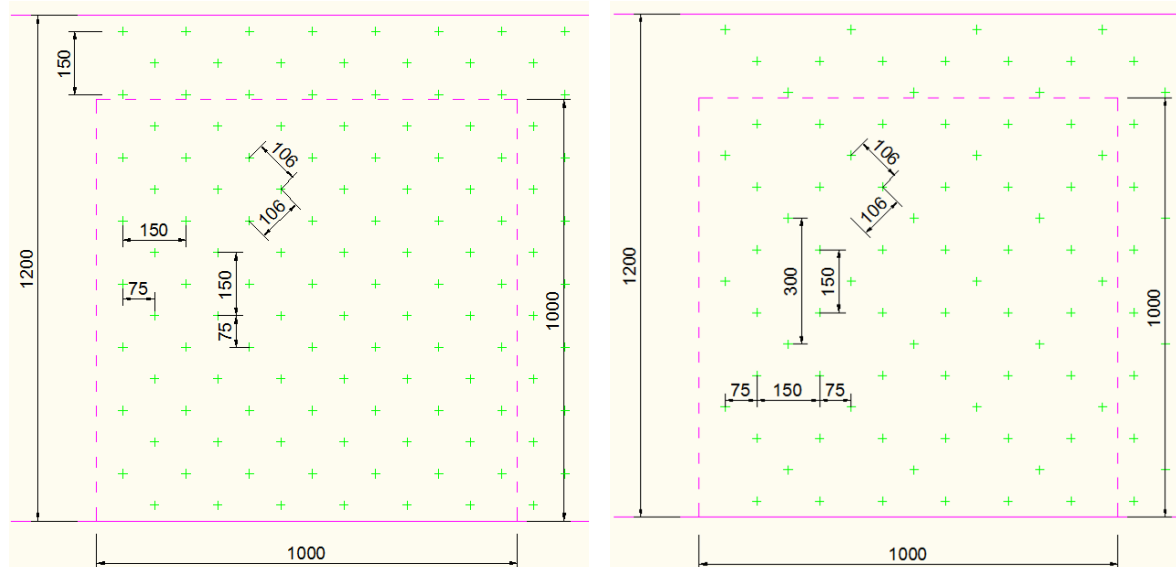
Từ kết quả tính toán, so sánh chiều cao sóng (sau RNM) tính toán và thực đo trên MHVL trong trường hợp bãi không có RNM, xác định được bộ thông số mô hình phù hợp (Bảng 3.3). Bộ thông số này sẽ được sử dụng để tính toán cho trường hợp bãi có RNM ở bước tiếp theo.

Bảng 3.3. Kết quả xác định bộ thông số mô hình (trường hợp bãi không có RNM)

TT	Độ sâu nước (d, m)	Hệ số Chezy (C, m ^{0.5} /s)	α	β
1	0,10	43	0,8	0,3
2	0,15	46	0,6	0,3
3	0,20	48	0,4	0,3
4	0,25	50	0,4	0,3

3.2.1.3. Hiệu chỉnh hệ số cản C_D khi bãi có RNM

a) Sơ đồ bố trí cây trên máng sóng



Mật độ $N_1 = 85$ cây/1m²;

(tương đương 2125 cây/ha ngoài thực tế)

Mật độ $N_2 = 60$ cây/1m²;

(tương đương 1500 cây/ha ngoài thực tế)

Hình 3.4. Sơ đồ bố trí cây thí nghiệm

b) Tổ hợp các kịch bản

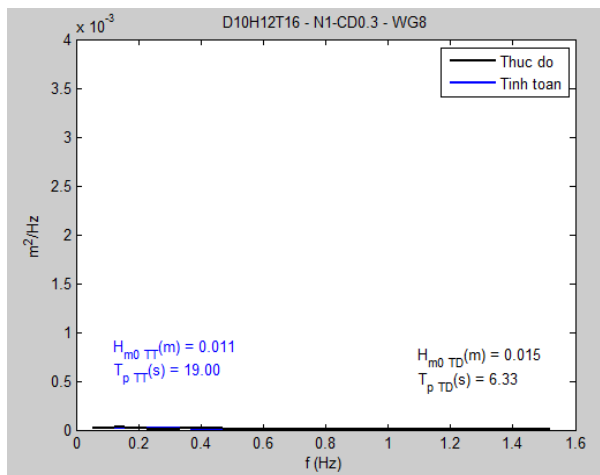
Thông qua tổng quan các kết quả nghiên cứu của các tác giả tại Chương 1 cho thấy, hệ số cản C_D chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như độ sâu nước, các đặc trưng sóng (chu kỳ sóng, chiều cao sóng), đặc điểm CNM. Bảng 3.4 tổng hợp giá trị C_D ứng với các trường hợp đã lựa chọn để hiệu chỉnh MHT khi bãi có RNM.

Bảng 3.4. Tổ hợp các kích bản hiệu chỉnh hệ số cản C_D .

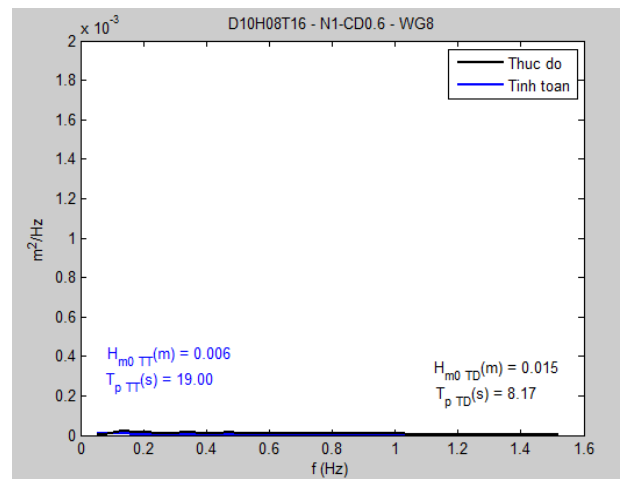
Độ sâu nước (d, m)	Trường hợp	Hệ số cản C_D	
		Mật độ cây N_1 (2125 cây/ha)	Mật độ cây N_2 (1500 cây/ha)
0,1	D10H08T16	0,3; 0,6; 0,9; 1,1	0,3; 0,6
	D10H12T16	0,3; 0,6; 0,9; 1,1	0,3; 0,6
0,15	D15H12T16	0,4; 1,1; 1,15; 1,2	0,5; 1,15; 1,2
	D15H15T18	1,15; 1,2; 1,3; 1,35	1,25; 1,3
0,2	D20H12T16	1,1; 1,15; 1,2	1,0; 1,1; 1,15
	D20H20T21	0,3; 1,15; 1,2; 1,35	0,37; 1,4; 1,5; 1,6
0,25	D25H12T16	1,1; 1,15; 1,2	1,1; 1,15; 1,2
	D25H25T23	0,3; 1,2; 1,30; 1,45; 1,5	0,4; 1,2; 1,30; 1,35

c) Kết quả (thông qua so sánh phổ sóng tính toán (MHT) và thực đo trên MHVL)

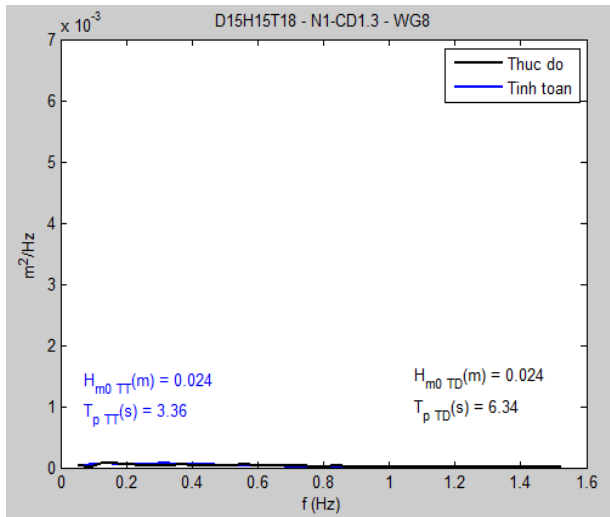
* Trường hợp 1: mật độ $N_1 = 85 \text{ cây/m}^2$ (tương đương 2125 cây/ha ngoài thực tế)



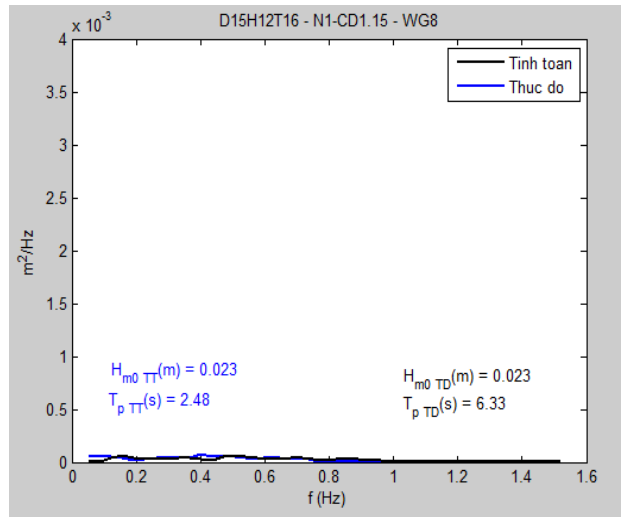
a) D10H12T16 (mật độ N_1 , $C_D = 0,3$)



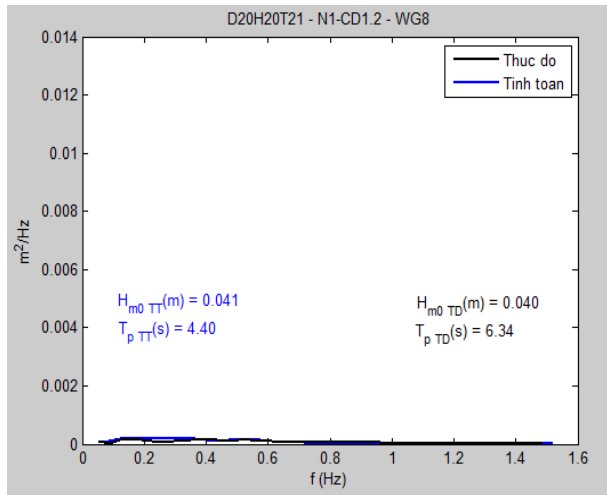
b) D10H08T16 (mật độ N_1 , $C_D = 0,6$)



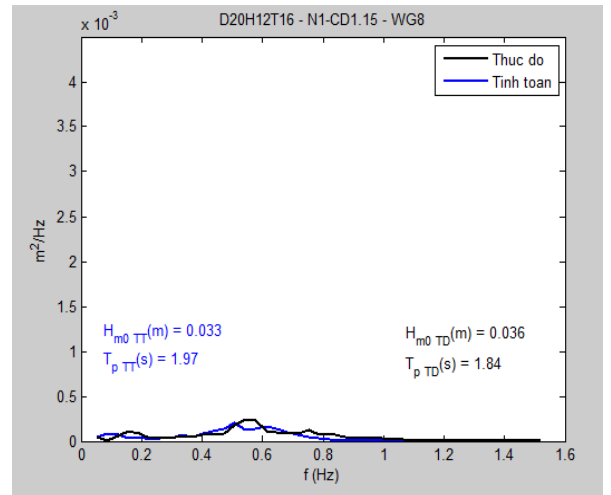
c) D15H15T18 (mật độ N_1 , $C_D = 1,3$)



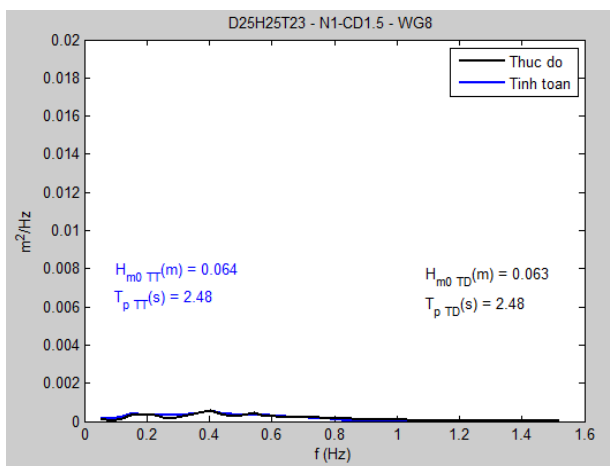
d) D15H12T16 (mật độ N_1 , $C_D = 1,15$)



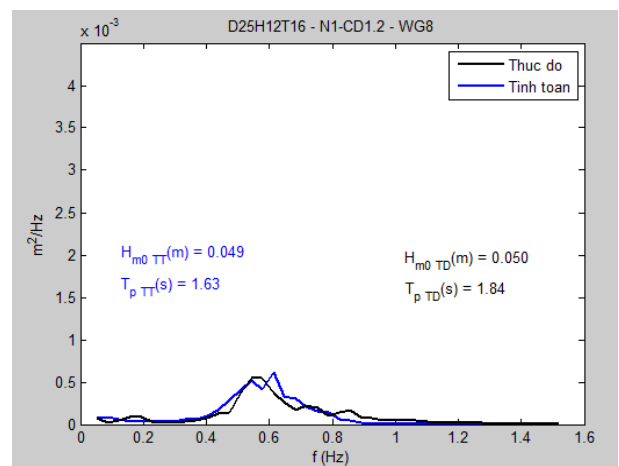
đ) D20H20T21 (mật độ N_1 , $C_D = 1,2$)



e) D20H12T16 (mật độ N_1 , $C_D = 1,15$)



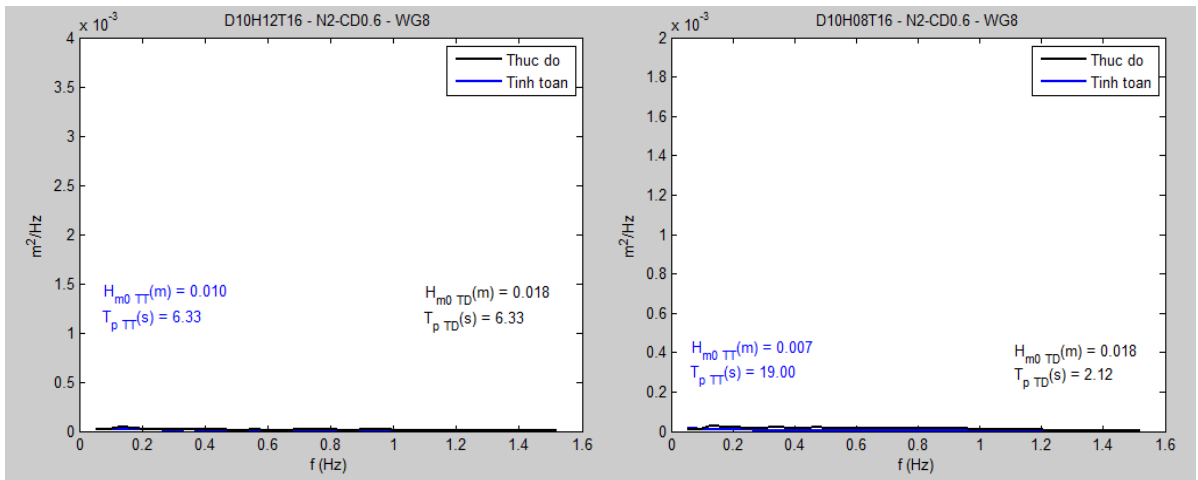
g) D25H25T23 (mật độ N_1 , $C_D = 1,5$)



h) D25H12T16 (mật độ N_1 , $C_D = 1,2$)

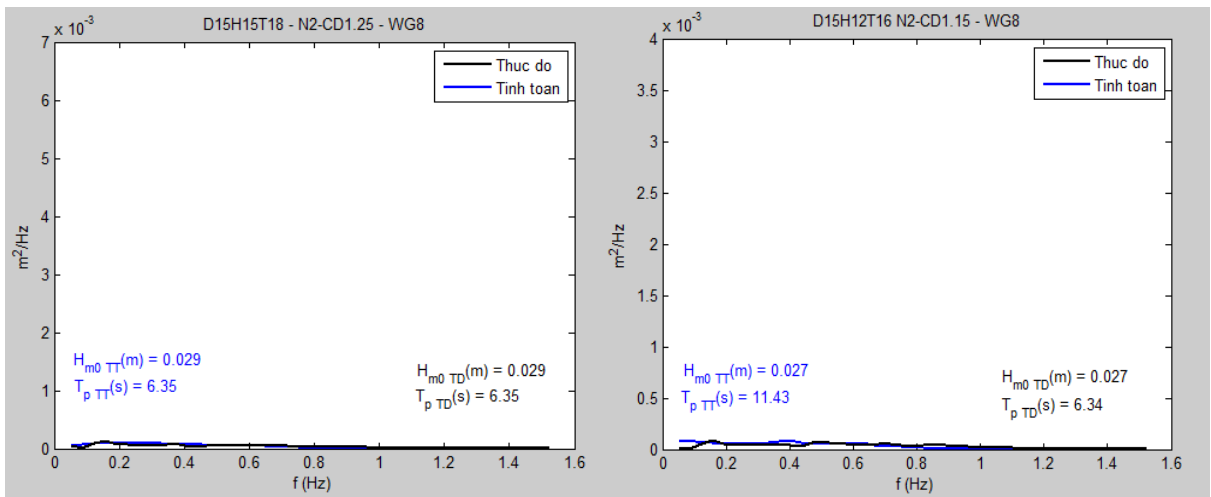
Hình 3.5. So sánh phổ sóng tính toán (MHT, MHVL), trường hợp mật độ cây N_1

*Trường hợp 2: mật độ $N_2 = 60$ cây/ $1m^2$ (tương đương 1500 cây/ha ngoài thực tế)



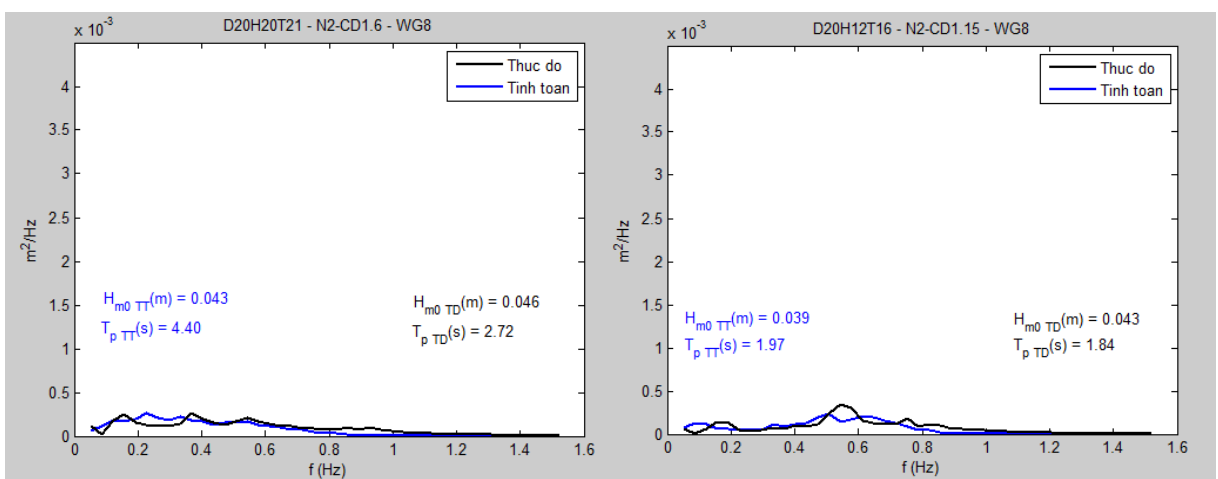
a) D10H12T16 (mật độ N_2 , $C_D = 0,6$)

b) D10H08T16 (mật độ N_2 , $C_D = 0,6$)



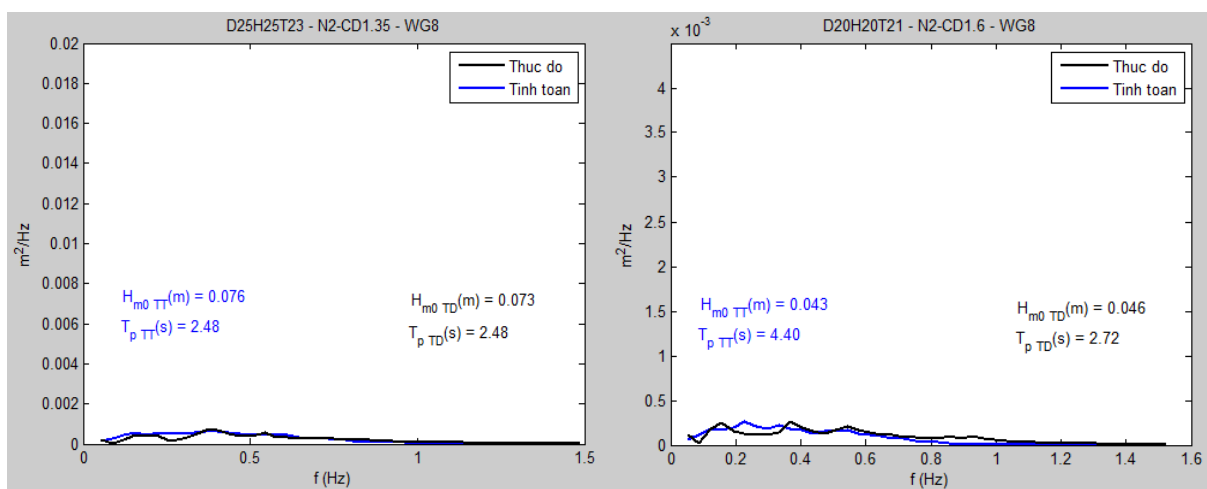
c) D15H15T18 (mật độ N_2 , $C_D = 1,25$)

d) D15H12T16 (mật độ N_2 , $C_D = 1,15$)



đ) D20H20T21 (mật độ N_2 , $C_D = 1,6$)

e) D20H12T16 (mật độ N_2 , $C_D = 1,15$)



g) D25H25T23 (mật độ N₂, C_D = 1,35) h) D25H20T21 (mật độ N₂, C_D = 1,2)

Hình 3.6. So sánh phổ sóng tính toán (MHT, MHVL), trường hợp mật độ cây N₂

Nhận xét:

- Sự tương đồng giữa phổ sóng thí nghiệm MHVL và MHT là khá tốt.

- Hệ số cản C_D chịu ảnh hưởng rõ hơn của độ sâu nước: khi độ sâu nước tăng thì giá trị của hệ số cản cũng tăng theo. Tuy nhiên, trường hợp mật độ cây thấp (N₂), hệ số cản và độ sâu nước chỉ đồng biến khi độ sâu nước nhỏ hơn chiều cao cây (d ≤ h_v). Khi độ sâu nước lớn hơn chiều cao cây (d > h_v) thì hệ số cản bắt đầu giảm.

Kết quả hiệu chỉnh hệ số cản C_D trường hợp bãi có RNM như tại Bảng 3.5

Bảng 3.5. Kết quả tính toán hiệu chỉnh hệ số cản C_D

Độ sâu nước (d, m)	Trường hợp	Hệ số cản C _D	
		Mật độ cây N ₁ (cây/m ²)	Mật độ cây N ₂ (cây/m ²)
0,1	D10H08T16	0,6	0,6
	D10H12T16	0,3	0,6
0,15	D15H12T16	1,15	1,15
	D15H15T18	1,3	1,25
0,2	D20H12T16	1,15	1,15
	dD20H20T21	1,2	1,6

Độ sâu nước (d, m)	Trường hợp	Hệ số cản C_D	
		Mật độ cây N_1 (cây/m ²)	Mật độ cây N_2 (cây/m ²)
0,25	D25H12T16	1,2	1,2
	D25H25T23	1,5	1,35

3.2.2. Mở rộng đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của đặc điểm cấu trúc RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng, năng lượng sóng

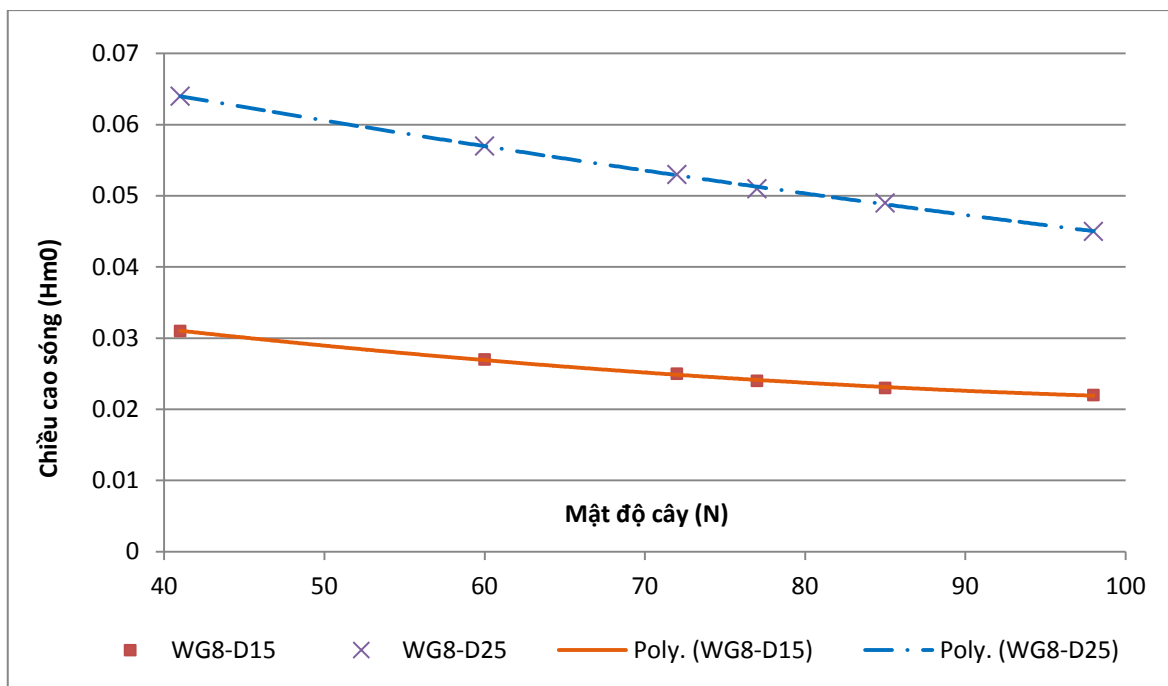
Lựa chọn hai trường hợp D15H12T16 và D25H12T16 ứng với bộ thông số mô hình đã được hiệu chỉnh tại mục 3.2.1.3 ($C_D = 1,15$ và $C_D = 1,2$) để mô phỏng các kịch bản mở rộng về: mật độ cây - N, tuổi cây (thông qua đường kính trung bình thân cây - d_v , chiều cao cây trung bình - h_v) và chiều rộng rừng - X. Tổ hợp các kịch bản mở rộng được trình bày tại các Bảng: 3.6, 3.8, 3.10, 3.12.

3.2.2.1 Ảnh hưởng của mật độ cây

Bảng 3.6. Kịch bản mở rộng mật độ cây (N)

TT	Trường hợp tính	Đường kính TB thân cây (d_v , m)	Mật độ cây (N, cây/m ²)	Chiều cao cây (h_v , m)	Chiều rộng rừng (X, m)	Số kịch bản
1	D15H12T16 - $C_D = 1,15$	0,0074	41, 60, 72, 77, 85, 98	0,225	15	6
2	D25H12T16 - $C_D = 1,2$	0,0074	85, 72, 98, 41, 60, 77	0,225	15	6

Khi xét ảnh hưởng của mật độ cây, các thông số khác không thay đổi là: chiều cao cây ($h_v = 0,225$ m); đường kính trung bình thân cây ($d_v = 0,0074$ m); chiều rộng đại rừng (X = 15 m). Kết quả tính toán thể hiện trong Bảng 3.7 và Hình 3.7



Hình 3.7. Biểu đồ phân bố chiều cao sóng (H_{m0}) và mật độ cây (N)

Bảng 3.7. Chiều cao sóng phổ H_{m0} khi mật độ cây thay đổi

Trường hợp	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)					
		41 cây/m ²	60 cây/m ²	72 cây/m ²	77 cây/m ²	85 cây/m ²	98 cây/m ²
D15H12T 16	WG4	0,118	0,117	0,116	0,116	0,116	0,115
	WG8	0,031	0,027	0,025	0,024	0,023	0,022
D25H12T 16	WG4	0,128	0,127	0,126	0,126	0,125	0,122
	WG8	0,064	0,057	0,053	0,051	0,049	0,045

Nhận xét:

- **Mật độ cây càng dày, hiệu quả giảm sóng càng lớn;**

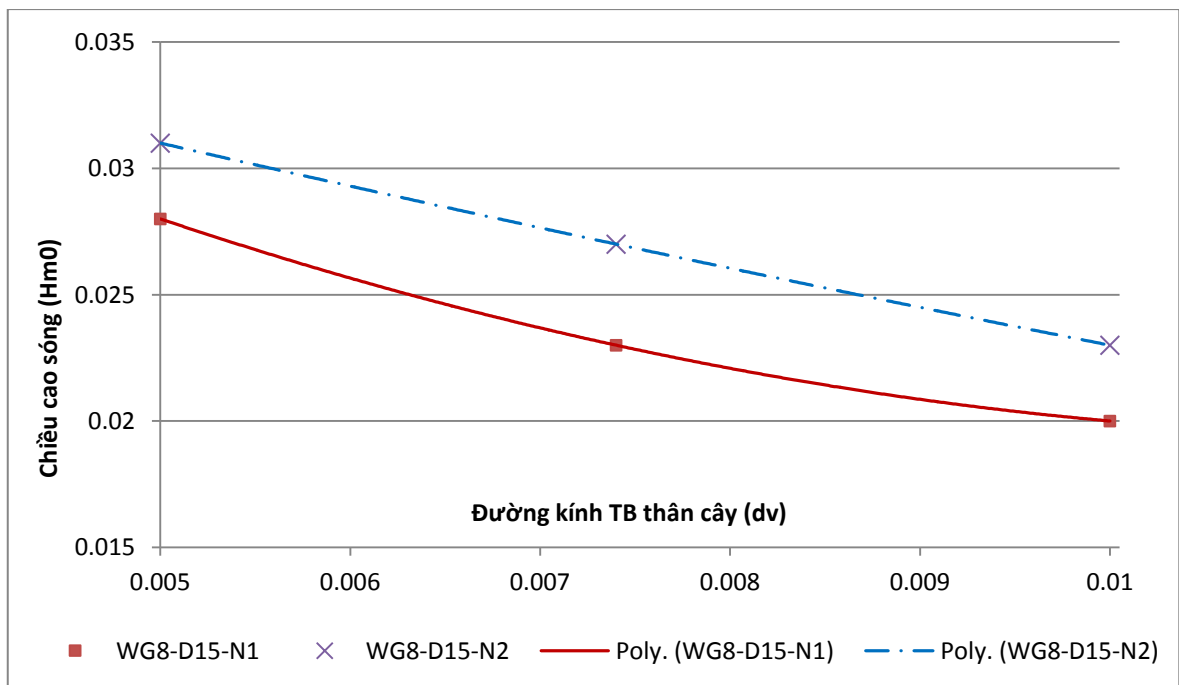
- Trường hợp độ sâu nước cao ($d \geq h_v$), đường quan hệ Mật độ cây (N) ~ Chiều cao sóng (H_{m0}) dốc hơn trường hợp độ sâu nước thấp ($d \leq h_v$), điều đó cho thấy trường hợp độ sâu nước cao hiệu quả của việc tăng mật độ cây cao hơn trường hợp độ sâu nước thấp.

3.2.2.2 Ảnh hưởng của đường kính thân cây (d_v)

Bảng 3.8. Kích bản mở rộng đường kính thân cây

Trường hợp tính	Đường kính TB thân cây (d_v , m)	Mật độ cây (N, cây/1m ²)	Chiều cao cây (h_v , m)	Chiều rộng rừng (X, m)	Số kích bản
D15H12T16 -C _D = 1,15	0,005; 0,0074; 0,01	85	0,225	15	3
	0,005; 0,01	60	0,225	15	2
D25H12T16 -C _D = 1,2	0,005; 0,0074; 0,01	85	0,225	15	3
	0,005; 0,01	60	0,225	15	2

Tương tự như với trường hợp mật độ cây thay đổi, các kích bản đánh giá ảnh hưởng của đường kính trung bình thân cây là: $d_v = 0,005$ m; 0,074 m và 0,01 m. Các thông số không thay đổi là: chiều cao cây (h_v); chiều rộng đai rừng (X). Chi tiết như tại Bảng 3.8. Kết quả tính toán thể hiện trong Bảng 3.9 và Hình 3.8



Hình 3.8. Quan hệ giữa H_{m0} và đường kính thân cây (d_v)

Bảng 3.9. Chiều cao sóng khi đường kính thân cây (d_v) thay đổi

Trường hợp	Điểm đo	Mật độ cây (N, cây/m ²)	H_{m0} tính toán (m)		
			$d_v = 0,005$ (m)	$d_v = 0,0074$ (m)	$d_v = 0,01$ (m)
D15H12T16	WG4	$N_1 = 85$	0,117	0,116	0,114
		$N_2 = 60$	0,118	0,117	0,116
	WG8	$N_1 = 85$	0,028	0,023	0,02
		$N_2 = 60$	0,031	0,027	0,023
D25H12T16	WG4	$N_1 = 85$	0,126	0,125	0,122
		$N_2 = 60$	0,128	0,127	0,126
	WG8	$N_1 = 85$	0,053	0,049	0,045
		$N_2 = 60$	0,064	0,057	0,051

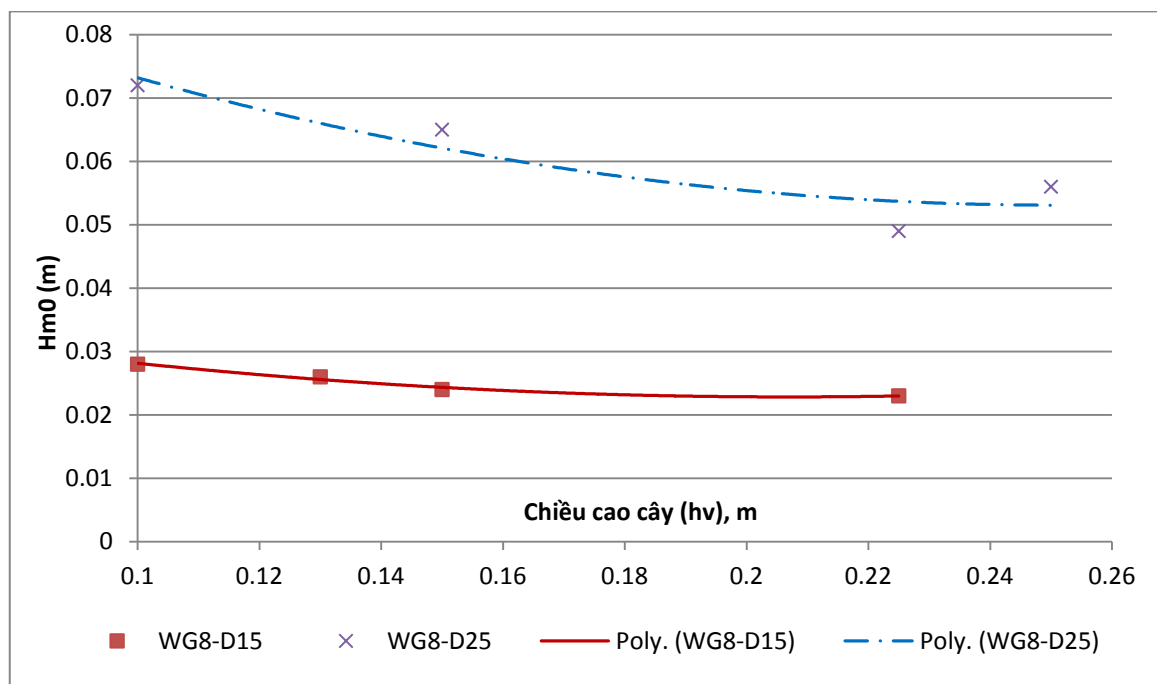
Nhận xét: Đường kính thân cây (d_v) càng lớn, chiều cao sóng giảm càng nhiều.

3.2.2.3 Ảnh hưởng của chiều cao cây (h_v)

Bảng 3.10. Kích bản mở rộng chiều cao cây

Trường hợp tính	Đường kính TB thân cây (d_v , m)	Mật độ cây (N, cây/m ²)	Chiều cao cây (h_v , m)	Chiều rộng rùng (X, m)	Số kích bản
D15H12T16_ $C_D = 1,15$	0,0074	85	0,15; 0,13; 0,1	15	3
	0,0074	85, 60	0,225	15	2
D25H12T16_ $C_D = 1,2$	0,0074	85	0,25; 0,15; 0,1	15	3
	0,0074	85, 60	0,225	15	2

Kịch bản tính toán ảnh hưởng của chiều cao cây là: $h_v = 0,1 \text{ m}; 0,13 \text{ m}; 0,15 \text{ m}; 0,225 \text{ m}; 0,25 \text{ m}$. Các thông số không thay đổi gồm: mật độ cây ($N = 85 \text{ cây}/1\text{m}^2$); đường kính trung bình thân cây ($d_v = 0,0074 \text{ m}$); chiều rộng đai rừng ($X = 15 \text{ m}$). Kết quả tính toán thể hiện trong Bảng 3.11 và Hình 3.9



Hình 3.9. Quan hệ giữa H_{m0} và chiều cao cây (h_v)

Bảng 3.11. Chiều cao sóng khi chiều cao cây (h_v) thay đổi

Trường hợp	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)				
		$h_v = 0,1$ (m)	$h_v = 0,13$ (m)	$h_v = 0,15$ (m)	$h_v = 0,225$ (m)	$h_v = 0,25$ (m)
D15H12T16	WG4	0,118	0,117	0,117	0,116	
	WG8	0,028	0,026	0,024	0,023	
D25H12T16	WG4	0,129		0,128	0,125	0,126
	WG8	0,072		0,065	0,049	0,056

Nhận xét: Chiều cao cây có ảnh hưởng đến sự suy giảm chiều cao sóng. Hiệu quả giảm sóng đạt giá trị lớn nhất khi chiều cao cây ngang bằng độ sâu nước ($h_v \approx h$).

3.2.2.4 Ảnh hưởng của mở rộng rừng

Bảng 3.12. Kịch bản tính toán ảnh hưởng của mở rộng rừng

Trường hợp tính	Đường kính TB thân cây	Mật độ cây (N, cây/m ²)	Chiều cao cây	Chiều rộng rừng	Số kịch bản
	(d _v , m)		(h _v , m)	(X, m)	
D15H12T16_ C _D = 1,15	0,0074	60	0,225	15; 50	2
	0,0074	85	0,225	15; 50	2
D25H12T16_ C _D = 1,2	0,0074	60	0,225	15; 50	2
	0,0074	85	0,225	15; 50	2

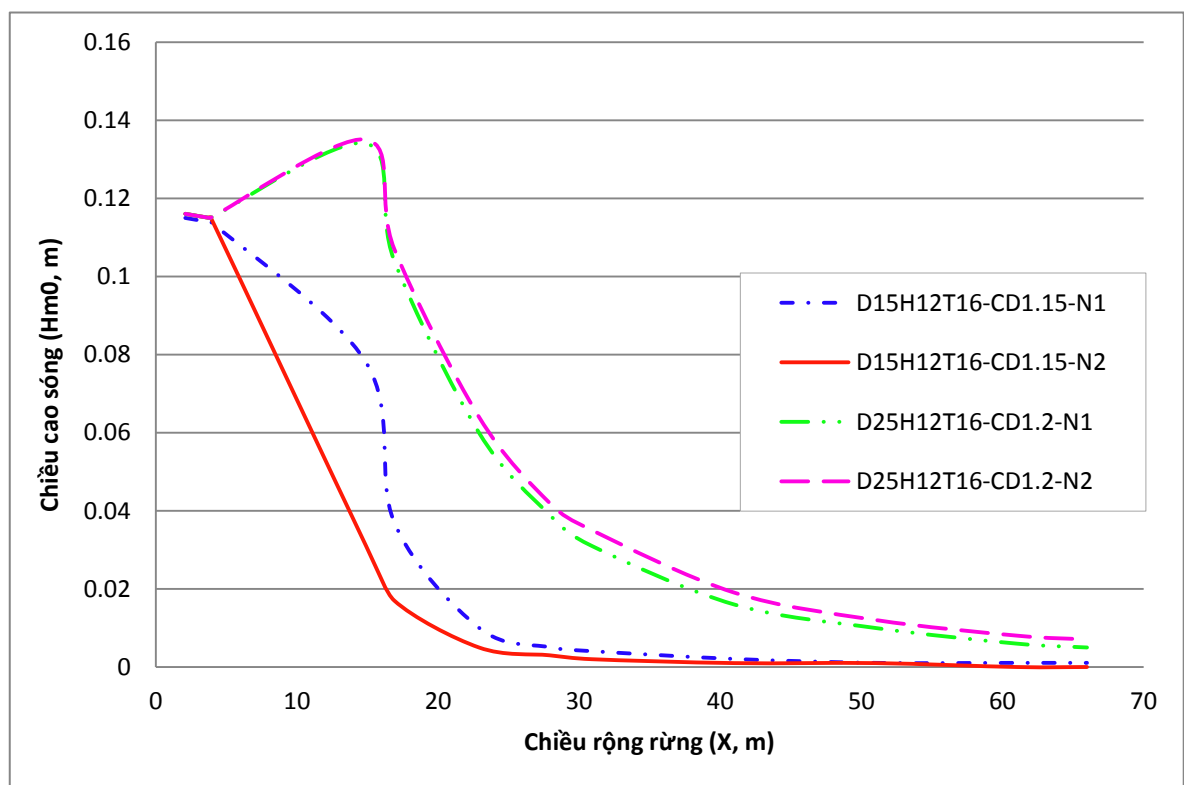
Cần xác định chiều rộng tối thiểu của đai rừng để đảm bảo năng lượng sóng sau khi lan truyền qua RNM ít ảnh hưởng đến bờ và công trình. Khi tính toán ảnh hưởng của đai rừng đã bổ sung thêm kịch bản chiều rộng rừng mở rộng đến 50 m (tương đương 1000 m ngoài thực tế). Các trường hợp tính toán là D15H12T16_C_D=1,15 và D25H12T16_C_D=1,20; các thông số không thay đổi gồm: chiều cao cây (h_v); đường kính trung bình thân cây (d_v). Chi tiết các kịch bản tính toán ảnh hưởng của mở rộng rừng như tại Bảng 3.12. Kết quả tính toán chiều cao sóng phổ tại các điểm đo dọc theo chiều rộng rừng thể hiện trong Bảng 3.13 và Hình 3.10, Hình 3.11

Bảng 3.13. Kết quả tính chiều cao sóng phổ H_{m0} kịch bản mở rộng đai rừng

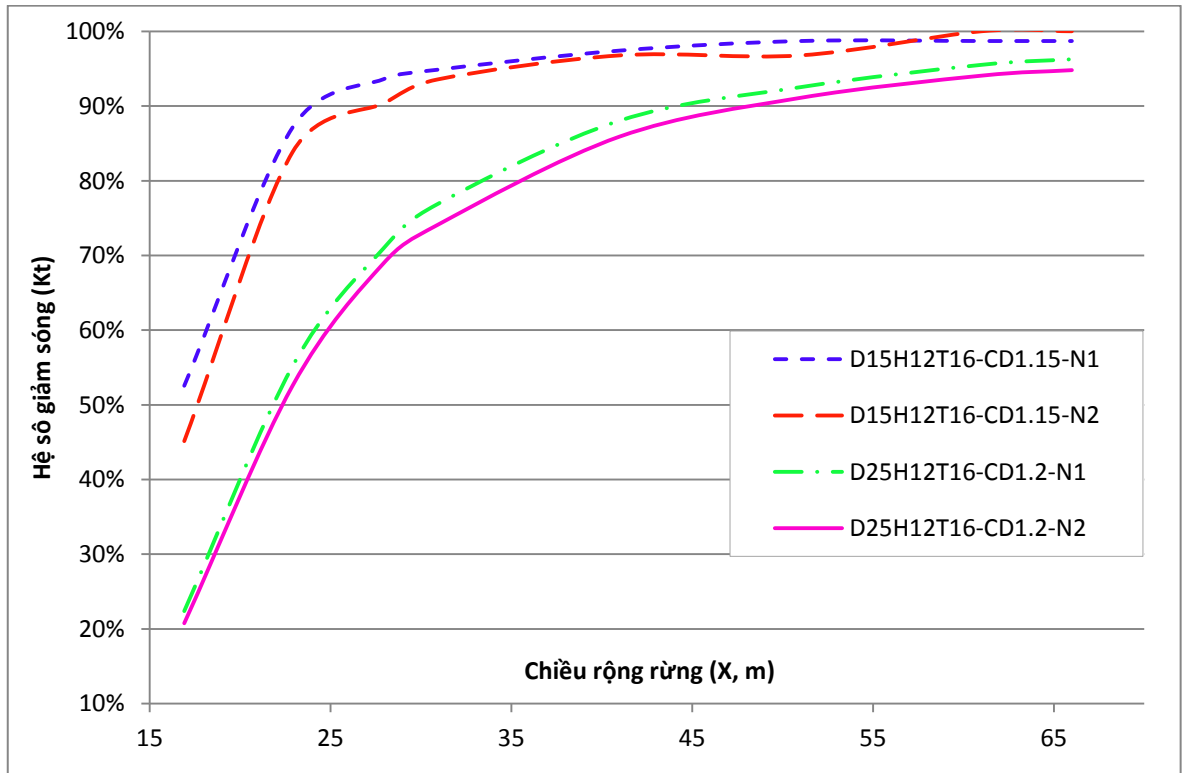
TT đầu đo	Vị trí đầu đo (m)	H _{m0} (m) cho trường hợp mở rộng chiều rộng rừng			
		D15H12T16		D25H12T16	
		CD1.15-N1	CD 1.15-N2	CD1.2-N1	CD1.2-N2
WG1	2,095	0,116	0,115	0,116	0,116
WG2	3,725	0,115	0,114	0,115	0,115
WG3	3,905	0,115	0,114	0,115	0,115
WG4	14,905	0,031	0,078	0,134	0,135
WG5	16,905	0,017	0,037	0,104	0,107

TT đầu đo	Vị trí đầu đo (m)	H_{m0} (m) cho trường hợp mở rộng chiều rộng rừng			
		D15H12T16		D25H12T16	
		CD1.15-N1	CD 1.15-N2	CD1.2-N1	CD1.2-N2
WG6	22,905	0,005	0,01	0,06	0,064
WG7	27,905	0,003	0,005	0,039	0,042
WG8	30,905	0,002	0,004	0,031	0,035
WG9	41	0,001	0,002	0,016	0,019
WG10	51	0,001	0,001	0,01	0,012
WG11	61	0	0,001	0,006	0,008
WG12	66	0	0,001	0,005	0,007

Nhận xét: Càng lan truyền sâu vào trong đai rừng, chiều cao sóng suy giảm càng nhiều. Tuy nhiên, tốc độ suy giảm chiều cao sóng giảm dần khi sóng lan truyền càng sâu vào trong đai rừng.



Hình 3.10. Đường quá trình lan truyền sóng tính toán theo chiều rộng đai rừng



Hình 3.11. Hệ số giảm sáng theo chiều rộng đai rừng

Chi tiết tính toán, hiệu chỉnh mô hình, đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chi phối như: mật độ cây, tuổi cây và chiều rộng đai rừng được trình bày tại Phụ lục B kèm theo.

Kết quả tính toán bằng MHT về phạm vi ảnh hưởng của: mật độ cây, chiều cao cây và chiều rộng đai rừng là cơ sở cho việc thiết kế, xây dựng MHVL. Kết quả cụ thể như sau:

a) Về mật độ cây (N)

Mật độ cây càng lớn (N) thì sự suy giảm chiều cao sáng (H_{m0}) càng nhiều. Tuy nhiên, tốc độ suy giảm chiều cao sáng sẽ chậm lại khi vẫn tiếp tục tăng mật độ cây: chiều cao sáng giảm $\approx 80,17\%$ khi mật độ là 2125 cây/ha (tương đương 85 cây/m² trên mô hình) và chỉ đạt 80,87% khi mật độ cây là 0,245 cây/m². Kết quả cho thấy, nếu tiếp tục tăng mật độ cây để giảm sáng là không hiệu quả (chiều cao sáng chỉ giảm thêm 0,7% trong khi mật độ cây phải tăng đến 15,3%). Mặt khác, RNM với mật độ 1500 cây/ha (tương đương 60 cây/1m² trên mô hình) đã có thể giảm $\approx 76,9\%$ chiều cao sáng.

Như vậy, RNM với mật độ cây từ 60 cây/1m² đến 85 cây/1m² (tương đương từ 1500 cây/ha đến 2125 cây/ha ngoài thực tế) là phạm vi hợp lý nhất để đi sâu nghiên cứu và thí nghiệm trên MHVL.

b) Về chiều rộng rừng

Sóng lan truyền càng sâu vào trong đai rừng thì chiều cao sóng suy giảm càng nhiều. RNM với chiều rộng 300 m (tương đương 15 m trên mô hình) có thể suy giảm trên 90% chiều cao sóng (H_{m0}), khi tăng chiều rộng đai RNM đến 700 m, mức độ suy giảm chiều cao sóng có thể đạt trên 97%.

RNM với chiều rộng tối đa 300 m (tương đương 15 m trên mô hình) đủ đáp ứng yêu cầu giảm sóng bảo vệ bờ biển. Việc tăng chiều rộng RNM lớn hơn 300 m cũng không thật sự cần thiết và hiệu quả. Luận án sẽ đi sâu nghiên cứu và xây dựng các kịch bản thí nghiệm MHVL cho đai RNM với chiều rộng tối đa 300 m (tương đương 15 m trên mô hình).

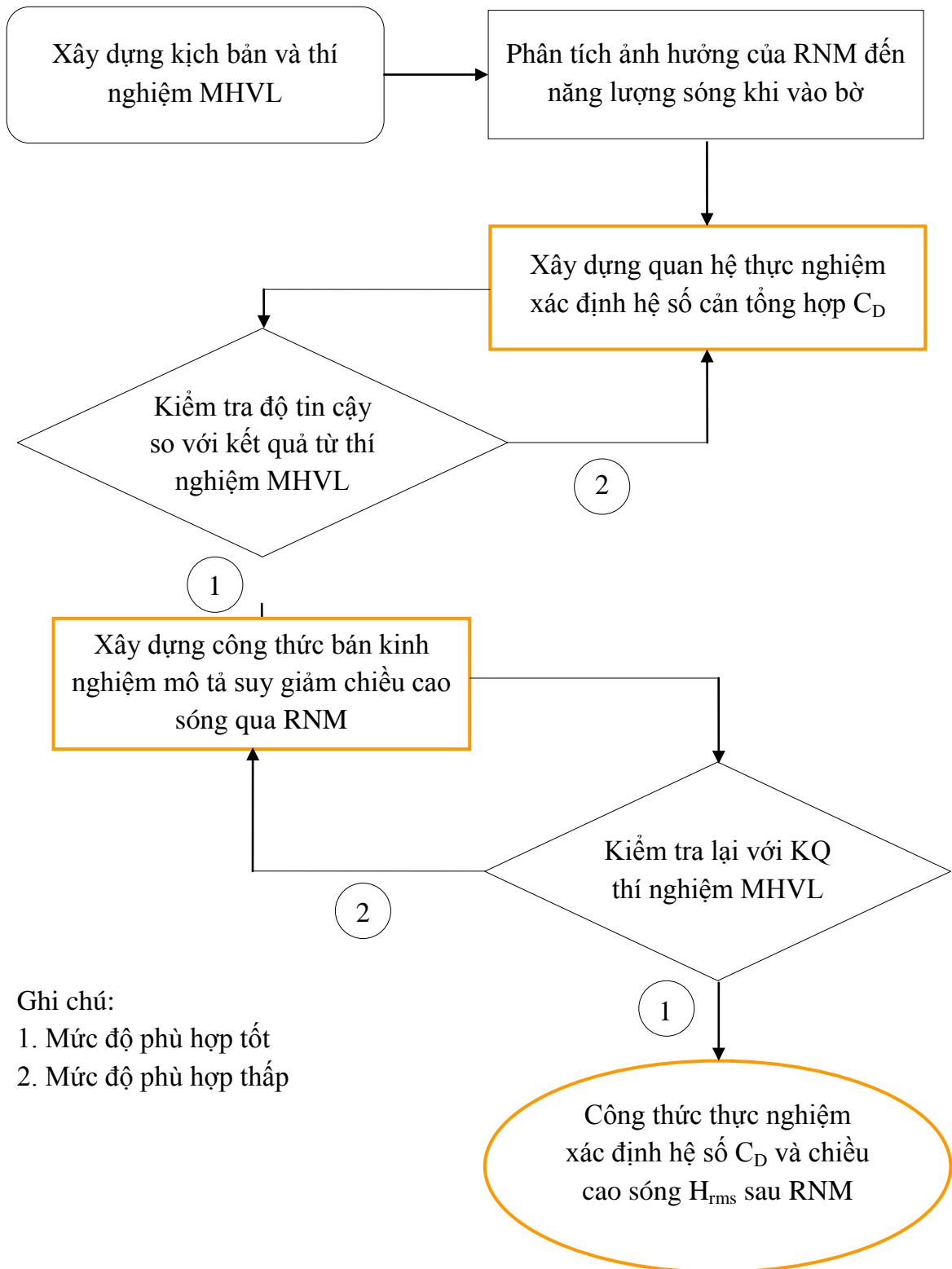
c) Về tuổi cây

- Cấu trúc cây càng lớn, chiều cao sóng suy giảm càng nhiều.

- Hiệu quả giảm sóng đạt giá trị lớn nhất khi độ sâu nước và chiều cao cây ngang bằng nhau $\left(\frac{h_v}{d} \approx 1\right)$.

Căn cứ các yếu tố động lực ven bờ khu vực nghiên cứu, luận án lựa chọn cây có chiều cao $h_v \approx 4,5$ m (tương đương 0,25 cm trên mô hình) để đi sâu nghiên cứu và thí nghiệm trên MHVL.

3.3. Thiết lập phương trình tổng quát về suy giảm sóng qua RNM



Hình 3.12. Sơ đồ các bước thiết lập công thức bán kinh nghiệm mô tả suy giảm chiều cao sóng qua RNM

Theo Jensen (1989), lý thuyết cũng như thực nghiệm đã chứng minh rằng chúng ta chỉ có thể xây dựng được các mô hình gần đúng, vì trong quá trình MHH bao giờ cũng phải chấp nhận một số giả thiết nhằm giảm bớt độ phức tạp của mô hình, để mô hình có thể ứng dụng thuận tiện trong thực tế.

Đối với MHT việc mô phỏng đầy đủ, chính xác các quá trình về sóng và tương tác của sóng với bãi biển và ổn định công trình ven bờ bằng các biểu thức và phương trình toán học là rất khó, vì tại các vùng ven bờ, nhất là trong vùng sóng đổ tương tác giữa sóng, dòng chảy diễn ra rất phức tạp. Đối với MHVL chúng ta vẫn có thể mô phỏng được các quá trình vật lý xảy ra giống như đối tượng thực, có thể đo lường, quan sát các đại lượng vật lý một cách trực quan với độ chính xác cao. Sự phức tạp của các tác động thủy động lực học xuất hiện tại các công trình bảo vệ bãi như RNM, khi sử dụng MHVL sẽ giúp chúng ta khảo sát các đặc trưng của các quá trình trong thực tế và trong mô hình, liên kết các thông số chính của các quá trình với sự ổn định và các đặc tính ngược lại của công trình [06],[07]

Chúng ta đã có thể chế tạo hệ thống thiết bị tạo sóng đồng bộ có thể tạo sóng đều hoặc sóng ngẫu nhiên tương tự như thực tế ngoài hiện trường, nhưng việc chế tạo CNM thỏa mãn các điều kiện tương tự về sức cản và mô đun đàn hồi là rất khó. Như đã đề cập ở mục 2.2.2, trên quy mô của từng thân cây, tương tác giữa dòng chảy sóng với thân cây sẽ sinh ra lực cản gồm 2 thành phần: thành phần do ma sát tiếp xúc giữa cây với dòng chảy và thành phần do chênh lệch áp lực phía trước và phía sau cây (Hình 2.6 và Hình 2.7). Tuy nhiên, như đã đề cập ở trên, khó có thể thỏa mãn điều kiện tương tự về vật liệu chế tạo cây, nên ảnh hưởng của lực do ma sát tiếp xúc ở trong MHVL lớn hơn ảnh hưởng ngoài thực tế. Để giảm thiểu ảnh hưởng của lực ma sát do tiếp xúc, khi thí nghiệm MHVL cần giảm hệ số nhớt động, hay tăng hệ số Reynolds. Trong luận án này, các thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện dòng chảy trong mô hình phải là chảy rối $Re > 2000$.

Sử dụng kết quả đánh giá xu thế và phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố: mật độ, cấu trúc cây, chiều rộng đai rừng trên MHT ở mục 3.2 để xây dựng các kịch bản thí nghiệm trên MHVL nhằm thiết lập công thức bán kinh nghiệm về hệ số cản tổng hợp C_D và sự suy giảm chiều cao sóng nhằm đánh giá một cách tin cậy về hiệu quả

giảm sóng của RNM. Trình tự và các bước nghiên cứu, thí nghiệm trên MHVL thiết lập công thức bán kính nghiệm mô tả suy giảm chiều cao sóng qua RNM thể hiện trên Hình 3.12

3.3.1 Tổ hợp các kịch bản thí nghiệm

3.3.1.1 Các kịch bản liên quan đến các yếu tố động lực ven bờ:

- Độ sâu nước trước rừng (d, m): 0,1; 0,15; 0,20; 0,25 (tương đương độ sâu 2; 3; 4; 5 m ngoài thực tế)
- Chiều cao sóng (H_{m0} , m): 0,08; 0,12; 0,15; 0,20; 0,25 (tương đương chiều cao 1,6; 2,4; 3,4; 4; 5 m ngoài thực tế)
- Chu kỳ sóng (T_p , s): 1,3; 1,6; 1,8; 2; 2,1; 2,2; 2,3; 2,5; 2,8 (tương đương 5,8; 7,2; 8; 8,9; 9,4; 9,8; 10,3; 11,2; 11,5 s ngoài thực tế)

3.3.1.2 Các trường hợp thí nghiệm liên quan đến RNM:

- + Bãi không có RNM;
- + Bãi có RNM mật độ $N_1 = 85$ cây/m² (tương đương 2125 cây/ha ngoài thực tế);
- + Bãi có RNM mật độ $N_2 = 60$ cây/m² (tương đương 1500 cây/ha ngoài thực tế).

Thí nghiệm được tiến hành với chiều cây cao trung bình là $h_v = 22,5$ cm (tương đương 4,5 m ngoài thực tế), chiều rộng đai rừng là $X = 15$ m (tương đương 300 m ngoài thực tế). Các yếu tố trên sẽ không thay đổi trong toàn bộ các seri thí nghiệm.

Tổ hợp các yếu tố động lực ven bờ và hình thái, cấu trúc RNM thành 84 (3x28) thí nghiệm. Cụ thể như tại Bảng 3.14 và Phụ lục C.

Bảng 3.14. Tổ hợp các yếu tố động lực ven bờ (chung cho cả 03 trường hợp không có cây, có cây mật độ N_1 và N_2) để thí nghiệm MHVL

TT	Ký hiệu	Độ sâu nước (d, m)	Sóng khởi tạo		Thời gian theo dõi (s)
			Hs,0 (m)	T _p (s)	
1	D10H08T13	0,1	0,08	1,3	650
2	D10H08T16		0,08	1,6	800
3	D10H12T16		0,12	1,6	800
4	D10H12T20		0,12	2,0	1000
5	D15H08T13	0,15	0,08	1,3	650
6	D15H08T16		0,08	1,6	800
7	D15H12T16		0,12	1,6	800
8	D15H12T20		0,12	2,0	1000
9	D15H15T18		0,15	1,8	900
10	D15H15T22		0,15	2,2	1100
11	D20H08T13	0,2	0,08	1,3	650
12	D20H08T16		0,08	1,6	800
13	D20H12T16		0,12	1,6	800
14	D20H12T20		0,12	2,0	1000
15	D20H15T18		0,15	1,8	900
16	D20H15T22		0,15	2,2	1100
17	D20H20T21		0,20	2,1	1050
18	D20H20T25		0,20	2,5	1250
19	D25H08T13	0,25	0,08	1,3	650
20	D25H08T16		0,08	1,6	800
21	D25H12T16		0,12	1,6	800
22	D25H12T20		0,12	2,0	1000
23	D25H15T18		0,15	1,8	900
24	D25H15T22		0,15	2,2	1100
25	D25H20T21		0,20	2,1	1050
26	D25H20T25		0,20	2,5	1250
27	D25H25T23		0,25	2,3	1200
28	D25H25T28		0,25	2,8	1400

3.3.2 Trình tự thực hiện và các tham số cần đo

Các tham số sóng (chiều cao, các chu kỳ đặc trưng) thu thập được từ các đầu đo được tính toán bằng chương trình chuyên dụng. Việc tính toán phân tách sóng phản xạ từ kết quả đo đạc của 03 đầu đo sóng song song WG1, WG2, WG3 được thực hiện theo phương pháp của Zelt và Skjelbreia (1992).

Các tham số đo trực tiếp từ thí nghiệm MHVL là:

Sóng phổ H_{m0} (chiều cao sóng mô men bậc 0) được xác định từ mô men bậc 0 của phổ mật độ năng lượng sóng như sau:

$$H_{m0} = 4,004 \sqrt{m_0} = 4,004 \sqrt{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_{(f)} df} \quad (3.1)$$

trong đó: $S_{(f)}$ là mật độ năng lượng phổ sóng tương ứng với tần số f ,

m_0 là giá trị mô men bậc 0 của phổ sóng.

Để đánh giá hiệu quả giảm sóng, các giá trị H_{m0} được xác định tại các vị trí bố trí đầu đo trước và sau RNM (đầu đo WG4 và WG8).

Chu kỳ đặc trưng của phổ sóng T_p và $T_{m-1,0}$

Chu kỳ T_p được xác định tại vị trí tương ứng với đỉnh của phổ sóng. Tuy nhiên phổ sóng có xu thế bị biến dạng (đuôi ra về phạm vi dải tần số thấp) khi sóng vào khu vực bãi nông trước RNM. Để đánh giá ảnh hưởng của bãi nông trước RNM trong việc mô tả hiệu quả giảm sóng của RNM chúng ta sử dụng chu kỳ phổ sóng đặc trưng ký hiệu là $T_{m-1,0}$, được xác định như sau:

$$T_{m-1,0} = \frac{m_{-1}}{m_0} = \frac{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} f^{-1} S_{(f)} df}{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_{(f)} df} \quad (3.2)$$

Chu kỳ phổ $T_{m-1,0}$ được xác định trực tiếp dựa trên các số liệu đo đạc phổ sóng trong thí nghiệm.

3.3.3. Thiết lập phương trình tổng quát về suy giảm chiều cao sóng qua RNM

3.3.3.1. Phương trình tiêu hao năng lượng sóng

Sóng lan truyền vào bờ có RNM sẽ trải qua các quá trình biến hình nước nông và tiêu hao năng lượng, làm giảm chiều cao sóng: sóng vỡ do hạn chế về độ sâu; ma sát đáy; sức cản của RNM.

Phương trình cân bằng năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc với bờ:

$$\frac{\partial(E.c_g)}{\partial x} = -D_b - D_f - D_v \quad (3.3)$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 ; c_g = \frac{c}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) \quad (3.4)$$

trong đó: E - năng lượng sóng trung bình đơn vị

H_{rms} - chiều cao sóng trung bình quân phương trong trường hợp có RNM

D_b - năng lượng sóng tiêu hao do sóng vỡ (trên một đơn vị diện tích đáy ngang)

D_f - năng lượng sóng tiêu hao do ma sát đáy

D_v - năng lượng sóng tiêu hao do sức cản của RNM

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng;

c_g - vận tốc nhóm sóng (c_g chỉ phụ thuộc độ sâu nước và chu kỳ sóng)

c - vận tốc đỉnh sóng: $c^2 = \frac{g}{k} \tanh(kh)$

Trong trường hợp không có RNM thì năng lượng sóng bị tiêu hao chỉ bởi ma sát đáy và sóng vỡ:

$$\frac{\partial(E^{(*)}.c_g)}{\partial x} = -D_b - D_f \quad (3.5)$$

với: $E^{(*)}$ là năng lượng sóng trong trường hợp không có cây.

Lưu ý phương trình (3.5) được rút ra với giả thiết bỏ qua sự thay đổi vận tốc nhóm sóng c_g khi có và không có cây.

Từ (3.3), (3.4) và (3.5) có phương trình cân bằng năng lượng sóng chỉ bởi RNM:

$$\frac{\partial \left((E - E^{(*)}) c_g \right)}{\partial x} = -D_v \Leftrightarrow D_v = \frac{\partial \left(\frac{1}{8} \rho g H_{\text{rms},v}^2 \cdot c_g \right)}{\partial x} \quad (3.6)$$

với: $H_{\text{rms},v}$ gọi là thành phần chiều cao sóng bị suy giảm chỉ bởi RNM.

Phương trình (3.6) là cơ sở để phân tích sự suy giảm chiều cao sóng do ảnh hưởng của RNM dựa vào các số liệu thí nghiệm.

Sự tiêu hao năng lượng sóng do RNM (D_v) về nguyên lý được xác định dựa trên công của lực cản của cây lên dòng chảy:

$$D_v = \int_{z=-h}^{\overline{z=-h+hv}} F_x u dz \quad (3.7)$$

với: F_x là lực cản của cây theo phương truyền sóng (ngang bờ x), u là lưu tốc dòng chảy theo phương ngang, h_v là chiều cao CNM, h là độ sâu nước tổng cộng.

Thực tế, khi xác định lực F_x cần phải xét tới các ảnh hưởng như chuyển động tương đối giữa dòng chảy và cây (sự đung đưa của cây do độ dẻo của chúng dưới tác động của sóng), lực quán tính.

Trong nghiên cứu này, lực cản F_x xác định theo phương trình Morison và bỏ qua các thành phần lực quán tính:

$$F_x = \frac{1}{2} \rho C_D b_v N_v u |u| \quad (3.8)$$

trong đó: b_v là diện tích cản trên một đơn vị chiều cao của một cây đặt vuông góc với dòng chảy theo phương ngang (đường kính tính toán của cây), N_v là số cây trên một đơn vị diện tích ngang, C_D là hệ số cản tổng hợp.

$$b_v = \sqrt{\sum_1^{n_c} d_{vi}^2} \quad (3.9)$$

trong đó, d_{vi} là đường kính các nhánh/cành cây, n_c là tổng số cành cây tại độ sâu nước xem xét.

Lưu ý ở đây xem xét các ảnh hưởng khác như độ dẻo của cây và cả lực quán tính một cách gián tiếp thông qua hệ số cản tổng hợp C_D .

Từ (3.7), (3.8) và trên cơ sở lý thuyết sóng tuyến tính, năng lượng sóng tiêu hao bởi RNM trong một trường sóng ngẫu nhiên, theo Dalrymple và nnk (1984), sự tiêu hao năng lượng sóng do rừng ngập mặn (D_v) xác định như sau:

$$D_v = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \rho C_D b_v N_v \left(\frac{k \cdot g}{2\omega} \right)^3 \frac{\sinh^3(kh_v) + 3\sinh(kh_v)}{3k \cosh^3(kh)} H_{rms}^3 \quad (3.10)$$

với: $k = \frac{2\pi}{L}$ và $\omega = \frac{2\pi}{T}$ lần lượt là số sóng và vận tốc góc của sóng.

3.3.3.2. Xác định hệ số cản tổng hợp C_D

Phương trình (3.6) kết hợp với (3.10) được sử dụng để xác định hệ số cản tổng hợp C_D của RNM dựa trên các số liệu thực nghiệm.

$$\frac{\partial \left(\frac{1}{8} \rho g H_{rms,v}^2 \cdot c_g \right)}{\partial x} = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \rho C_D b_v N_v \left(\frac{k \cdot g}{2\omega} \right)^3 \frac{\sinh^3(kh_v) + 3\sinh(kh_v)}{3k \cosh^3(kh)} H_{rms}^3 \quad (3.11)$$

Sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn phương trình (3.11) để xác định hệ số cản C_D như sau:

$$C_D^i = \frac{1}{B_0 \Delta x} \frac{\left(\frac{1}{8} g H_{rms,v}^2 \cdot c_g \right)_{i+1} - \left(\frac{1}{8} g H_{rms,v}^2 \cdot c_g \right)_i}{H_{rms,i}^3} \quad (3.12)$$

trong đó i dùng để chỉ đoạn rừng đang xem xét và $i+1$ là đoạn rừng ngay phía sau theo phương truyền sóng, hệ số B_0 được xác định như sau:

$$B_0 = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} b_v N_v \left(\frac{k \cdot g}{2\omega} \right)^3 \frac{\sinh^3(kh_v) + 3\sinh(kh_v)}{3k \cosh^3(kh)} \quad (3.13)$$

Sử dụng bộ số liệu thí nghiệm MHVL về sự suy giảm chiều cao sóng tại các vị trí đầu và cuối rừng (WG4 và WG8) có thể xác định được giá trị của hệ số cản tổng hợp C_D tương ứng cho toàn bộ chiều rộng đai rừng. Cụ thể xem tại phụ lục C.

3.3.3.3. Xây dựng quan hệ thực nghiệm hệ số cản tổng hợp C_D

Hệ số cản C_D có vai trò quan trọng để xác định năng lượng bị tiêu tán do thực vật. Hệ số cản tổng hợp C_D là một đại lượng phụ thuộc phức tạp vào các tham số của dòng chảy cũng như các đặc trưng thực vật của CNM. Trong luận án này, nghiên cứu sinh sử dụng tham số Keulegan-Kapenter (KC) để miêu tả sự phụ thuộc này.

$$KC = \frac{u_m \cdot T_p}{b_v} \quad (3.14)$$

với u_m là giá trị lưu tốc ngang đặc trưng.

Ở đây chúng ta sử dụng lưu tốc ngang cực đại tại độ sâu ứng với vị trí ngọn cây, xác định theo lý thuyết sóng tuyến tính:

$$u_m = \frac{H_{rms} \omega \cosh(k(h - h_v))}{2 \sinh(kh)} \quad (3.15)$$

Lưu ý chiều cao sóng H_{rms} trong phương trình (3.15) là giá trị trung bình của đoạn rừng xem xét.

Các số liệu thí nghiệm cho thấy hệ số cản C_D có xu thế nghịch biến với sự gia tăng của KC theo quy luật hàm mũ:

$$C_D = a.e^{(-b.KC)} \quad (3.16)$$

Tuy nhiên, từ số liệu thí nghiệm cũng nhận thấy hệ số cản tổng hợp C_D còn chịu ảnh hưởng của chiều cao cây. Khi xét ảnh hưởng của tương quan $\frac{h_v}{d}$ (độ sâu nước \sim chiều cao cây) đến hệ số C_D , cần đưa vào hệ số hiệu chỉnh chiều cao cây (α_h)

$$\alpha_h = \min\left(\frac{h_v}{d}; 1\right) \quad (3.17)$$

Phương trình (3.17) có nghĩa là $\alpha_h = 1$ trong trường hợp cây cao ($h_v > d$).

Để kể tới ảnh hưởng của tương quan (chiều sâu nước ~ chiều cao cây), phương trình (3.14) được viết lại như sau:

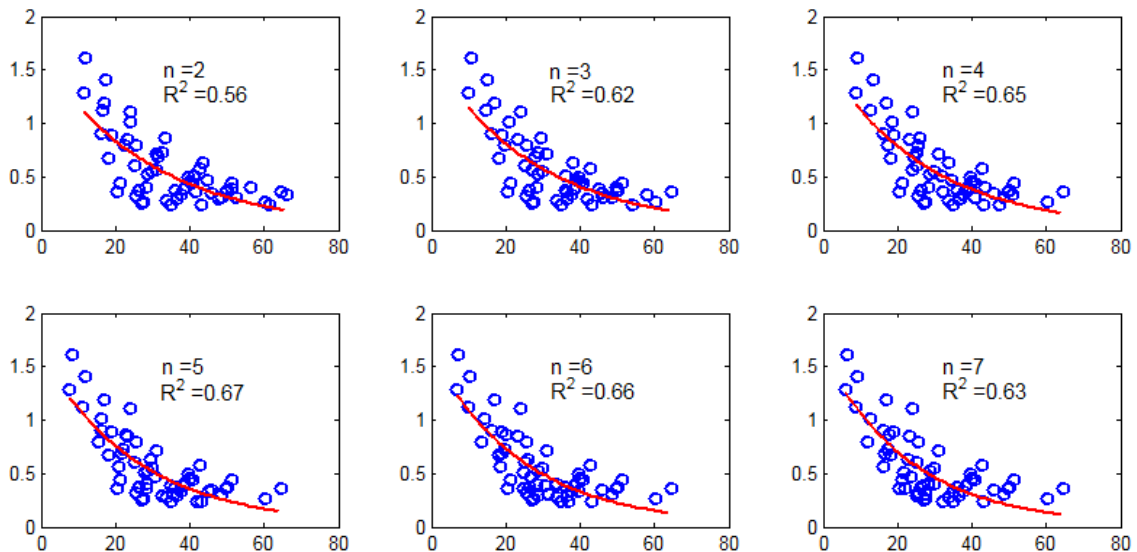
$$KC_v = \frac{u_m T_p}{b_v} \cdot \alpha_h^n; KC_v = \alpha_h^n \cdot KC \quad (3.18)$$

với KC_v là hệ số Keulegan - Kapenter cải biên, số mũ $n > 1$ là trọng số về mức độ ảnh hưởng của chiều cao cây và được xác định dựa trên mức độ phù hợp với các số liệu thí nghiệm.

Khi chiều cao cây thấp ($h_v < d$) thì KC_v nhỏ, do vậy có thể điều chỉnh hệ số C_D tăng lên cho phù hợp hơn.

Phương trình xác định hệ số cản C_D phụ thuộc vào KC_v như sau:

$$C_D = a.e^{(-b.KC_v)} \quad (3.19)$$



Hình 3.13. Quan hệ C_D và hệ số KC_v (KC cải biên)

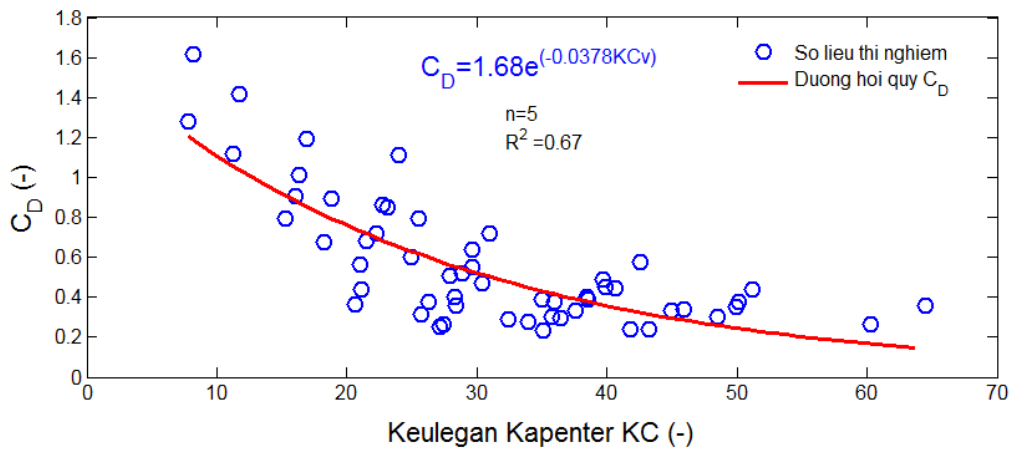
Kết quả phân tích hồi quy cho phương trình (3.19), KC_v xác định theo công thức (3.18) với các giá trị số mũ n khác nhau, $n = 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10$ và 11 ($n = 0$ tương ứng với không kể tới ảnh hưởng của α); được thể hiện trên Hình 3.13. Có thể thấy rằng khi số mũ n tăng ($n \geq 1$) thì sự phù hợp giữa đường hồi quy phương trình (3.19) với các số liệu thực đo từ thí nghiệm MHVL cũng tăng. Kém nhất khi $n = 0$ tức là không kể

đến ảnh hưởng của hệ số hiệu chỉnh chiều cao cây ($\alpha_h^n = 1$), với $n \geq 3$ thì hệ số tương quan hồi quy R^2 có xu thế tăng chậm và đạt giá trị lớn nhất khi $n = 5$.

Sử dụng giá trị $n = 5$, đường hồi quy có mức độ phù hợp cao nhất ($R^2 = 0,67$) (xem Hình 3.13 và Hình 3.14).

Phương trình xác định hệ số cản tổng hợp C_D như sau:

$$C_D = 1,618.e^{(-0,0378KCv)} \quad (3.20)$$



Hình 3.14. Quan hệ giữa C_D và KCv

Phương trình xác định hệ số cản tổng hợp C_D trong luận án được thiết lập theo công thức bán kính nghiệm dựa trên các quá trình vật lý chủ yếu và các hệ số kiểm định chiều cao cây tương đối $\left(\frac{h_v}{d}\right)$, mật độ cây (N), nên công thức xác định hệ số C_D thiết lập được có tính tổng quát cao. Sau này khi có tài liệu thí nghiệm mô hình tỷ lệ lớn hoặc số liệu thực đo sẽ hiệu chỉnh lại để hệ số C_D có độ tin cậy cao hơn.

3.3.3.4. Xây dựng công thức bán kính nghiệm xác định chiều cao sóng lan truyền trên bãi có RNM

Xây dựng công thức bán kính nghiệm xác định chiều cao sóng qua RNM cho trường hợp đáy phẳng nằm ngang (hoặc rất thoải) và bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ, ma sát đáy. Đây là trường hợp điển hình trong thực tế bãi có RNM ở Việt Nam, sóng đến trước rừng đã bị vỡ phần lớn do điều kiện hạn chế về độ sâu trên bãi.

Trường hợp bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ và ma sát đáy, suy giảm chiều cao sóng chỉ bởi RNM thì phương trình cân bằng năng lượng sóng (3.3) sẽ là:

$$\frac{\partial(E.c_g)}{\partial x} = -D_v \quad (3.21)$$

trong đó D_v được xác định theo công thức (3.10).

Thay phương trình (3.4) và (3.10) vào phương trình (3.21) có biểu thức (3.22):

$$\frac{1}{8} \rho g c_g \frac{\partial(H_{rms}^2)}{\partial x} = -\rho C_D B_0 \cdot H_{rms}^3 \quad (3.22)$$

hay:

$$\frac{\partial(H_{rms}^2)}{H_{rms}^3} = -\frac{8C_D B_0}{g \cdot c_g} \partial x \quad (3.23)$$

$$\frac{d(H_{rms})}{H_{rms}^2} = -B_1 dx \quad (3.23a)$$

trong đó:

$$B_1 = \frac{4C_D B_0}{g \cdot c_g} \quad (3.24)$$

Từ phương trình (3.23a) giải ra được:

$$\frac{1}{H_{rms}} = B_1 \cdot x + c \quad (3.25)$$

Từ điều kiện biên, sóng trước rừng: khi $x = 0$ thì $H_{rms} = H_{rms,0} \rightarrow c = 1/H_{rms,0}$. Cuối cùng phương trình (3.25) được viết lại thành:

$$\frac{H_{rms}}{H_{rms,0}} = \frac{1}{1 + B_2 \cdot x} \quad (3.26)$$

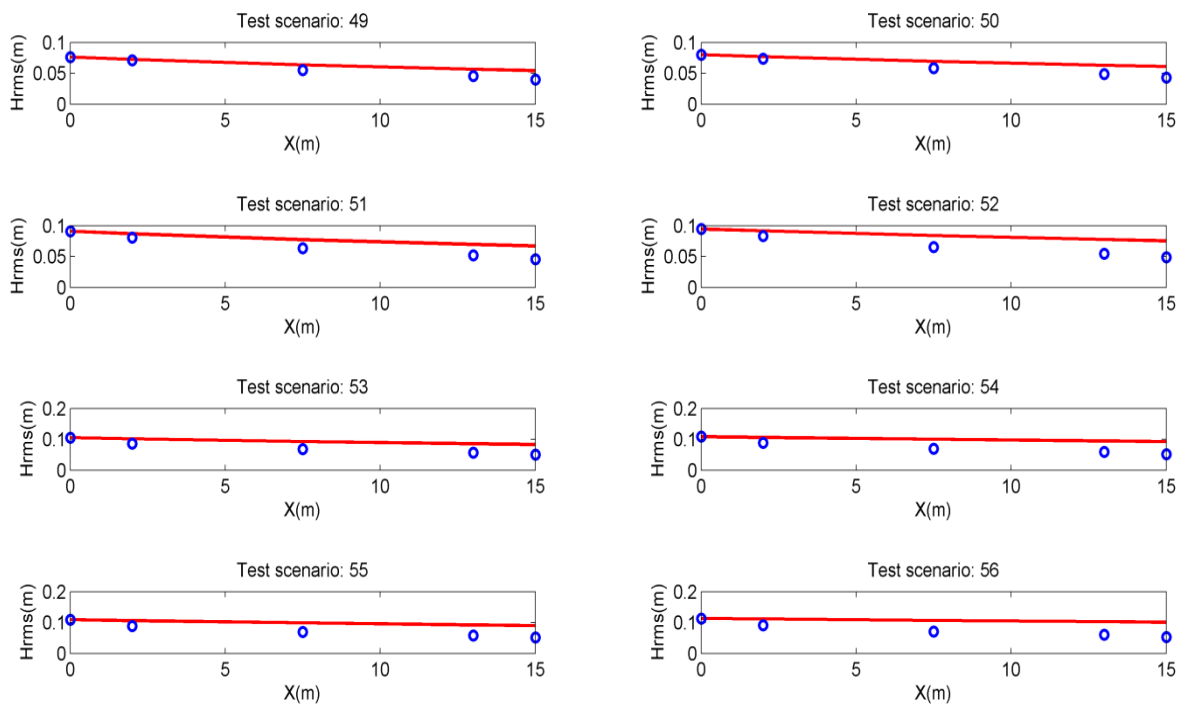
$$B_2 = B_1 \cdot H_{rms,0} = \frac{4C_D B_0}{g \cdot c_g} \cdot H_{rms,0}$$

Phương trình (3.26) là công thức bán kinh nghiệm xác định chiều cao sóng khi bãi có RNM trong trường hợp bãi có đáy thoải, bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ và ma sát đáy.

3.3.3.5. So sánh với số liệu đo từ thí nghiệm MHVL

Với chiều cao sóng tới trước rừng đã biết chúng ta có thể sử dụng phương trình (3.26) để xác định chiều cao sóng tại các vị trí khác nhau trong rừng. Do hệ số cản tổng hợp xác định dựa vào chiều cao sóng trung bình cho cả đoạn nên việc tính toán cần được tiến hành theo 02 bước. Trước tiên là sử dụng chiều cao sóng tới trước rừng để xác định C_D và chiều cao sóng sau rừng. Sau đó sử dụng chiều cao sóng trung bình để xác định lại hệ số C_D một lần nữa.

Có thể thấy rằng chiều cao sóng tính toán nhìn chung là lớn hơn chiều cao sóng đo được trên MHVL, đặc biệt là sau rừng (do bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ và ma sát đáy). Ở các kịch bản mà sóng đã bị vỡ nhiều trước khi vào bãi thì sự phù hợp khá tốt. (Chi tiết xem tại Phụ lục C và Hình 3.15).



Hình 3.15. So sánh suy giảm chiều cao sóng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo trên MHVL (điểm tròn), kịch bản số 49 đến 56, Bảng C 3.1

Kết quả so sánh giữa đường suy giảm chiều cao sóng qua RNM tính toán với các số liệu đo từ thí nghiệm MHVL cho tất cả các kịch bản được thể hiện tại Phụ lục C.

3.4. Phạm vi ứng dụng của các công thức thực nghiệm của luận án

- Công thức thực nghiệm xác định hệ số cản C_D (3.20) và công thức bán kính nghiệm xác định chiều cao sóng khi bãi có RNM (3.26) được xây dựng có phạm vi áp dụng ứng với các điều kiện thí nghiệm như sau:

+ Chiều cao cây tương đối: $\frac{h_v}{d} = (2,25; 1,5; 1,13; 0,9)$;

+ Độ ngập tương đối: $\frac{H_{rms}}{d} = (0,284 \div 1,09)$;

+ Độ dốc sóng: $S_{0p} = 0,015$ đến $0,06$

+ Mật độ cây: $N = 1500$ cây/ha và 2125 cây/ha (tương đương mật độ 60 cây/m² và 85 cây/m² trên mô hình).

(với: H_{rms} là chiều cao sóng tới, d là độ sâu nước tĩnh, h_v là chiều cao cây, N là mật độ cây).

- Ngoài ra, trong quá trình thiết lập các công thức đã bỏ qua các thành phần lực quán tính phát sinh do sự chuyển động tương đối giữa dòng chảy và cây, bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ và ma sát đáy.

3.5. Kết luận Chương 3

3.5.1. Đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chi phối đến hiệu quả giảm sóng của RNM bằng MHT

a) Về tuổi cây

Cấu trúc cây càng lớn, chiều cao sóng giảm càng nhiều;

Hiệu quả giảm sóng của RNM lớn nhất khi chiều cao cây và độ sâu nước tương đương nhau ($h_v \approx d$).

b) Về mật độ cây (N)

Mật độ cây càng lớn (N) thì sự suy giảm chiều cao sóng (H_{m0}) càng nhiều. Tuy nhiên, tốc độ suy giảm chiều cao sóng sẽ chậm lại khi vẫn tiếp tục tăng mật độ cây. Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, RNM với mật độ cây đến 85 cây/1m² (tương đương

2125 cây/ha ngoài thực tế) là phạm vi hợp lý nhất để đi sâu nghiên cứu và thí nghiệm trên MHVL.

c) Về chiều rộng rừng

Sóng lan truyền càng sâu trong đai rừng, chiều cao sóng suy giảm càng nhiều. RNM với chiều rộng $X = 15$ m (tương đương 300 m ngoài thực tế) có thể suy giảm trên 90% chiều cao sóng (H_{m0}). RNM với chiều rộng $X = 15$ m (tương đương 300 m ngoài thực tế) là phạm vi tối ưu đủ để đi sâu nghiên cứu và xây dựng các kịch bản thí nghiệm MHVL.

3.5.2. Thiết lập phương trình tổng quát suy giảm chiều cao sóng qua RNM từ kết quả thí nghiệm MHVL

a) Xây dựng quan hệ thực nghiệm hệ số cản tổng hợp C_D

Triển khai với 84 thí nghiệm, tổ hợp từ 28 sóng ngẫu nhiên. Áp dụng phương trình cân bằng năng lượng sóng ngẫu nhiên và cơ sở lý thuyết sóng tuyến tính, tác giả đã xây dựng được phương trình xác định hệ số cản tổng hợp C_D trong đó có xét đến sự phụ thuộc phức tạp vào các tham số của dòng chảy cũng như các đặc trưng thực vật của RNM – Công thức (3.12) và (3.20).

b) Xây dựng công thức bán kính nghiệm xác định chiều cao sóng lan truyền trên bãi có RNM

Phương trình cân bằng năng lượng sóng cũng được sử dụng để xây dựng công thức bán kính nghiệm về sự suy giảm chiều cao sóng qua RNM trong trường hợp bãi có đáy thoải, bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ và ma sát đáy – Công thức (3.26).

Đây là trường hợp điển hình trong thực tế bãi biển có RNM ở Việt Nam. Sóng đến trước rừng đã bị vỡ phần lớn do địa hình bãi rất thoải và điều kiện hạn chế về độ sâu nước ở trên bãi.

Thông qua việc so sánh giữa công thức thực nghiệm của luận án với các số liệu đo từ thí nghiệm MHVL cho thấy kết quả nghiên cứu có tính tổng quát cao, tin cậy và có khả năng ứng dụng trong thiết kế RNM ven biển, đặc biệt đối với vùng bãi có đáy thoải và sóng đã bị vỡ nhiều trước khi vào bãi.

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP VÀ QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THIẾT KẾ RỪNG NGẬP MẶN BẢO VỆ ĐÊ BIỂN

4.1. Đặt vấn đề

Sử dụng RNM để tiêu giảm một phần năng lượng sóng tác động vào bờ và công trình ven bờ có ý nghĩa khoa học, thực tiễn và môi trường rất cao. Việc xác định, lựa chọn quy mô và cấu trúc RNM tương ứng với một mức độ giảm sóng phù hợp vẫn là một vấn đề thực tiễn còn nhiều vướng mắc. Trong chương này tác giả vận dụng các kết quả nghiên cứu ở Chương 3 để đề xuất quy trình và phương pháp tính toán thiết kế đai RNM có quy mô phù hợp, giảm thiểu tác động của sóng đến vùng bờ biển cần bảo vệ.

4.2. Xác định chức năng thiết kế của RNM

Chức năng chung của RNM là tiêu hao một phần năng lượng sóng để qua đó giảm thiểu tác động của sóng đến vùng bờ. Tuy nhiên, tùy theo yêu cầu về mức độ giảm sóng và điều kiện tác động của các yếu tố như độ sâu nước, chiều cao sóng mà quy mô, cấu trúc của RNM có thể khác nhau.

4.3. Các bài toán thiết kế RNM

Bài toán 1. Áp dụng trong điều kiện bãi trước đê hẹp: Biết điều kiện địa hình bãi trước đê (chiều rộng đai RNM) và các yếu tố động lực ven bờ, xác định các yếu tố về RNM.

Bài toán 2. Áp dụng trong điều kiện địa hình bãi trước đê rộng và thoải: Biết trước các yếu tố động lực ven bờ và chủ động về cây ngập mặn (loài, tuổi cây, mật độ cây), xác định chiều rộng đai RNM.

4.4. Quy trình thiết kế RNM giảm sóng, bảo vệ đê biển

4.4.1. Xác định mật độ cây và tuổi cây khi biết trước điều kiện bãi trước đê và các yếu tố động lực ven bờ

Bước 1. Xác định các yếu tố động lực ven bờ thiết kế

Căn cứ vào vị trí khu vực trồng RNM và tần suất thiết kế để xác định các yếu tố động lực ven bờ: mực nước thiết kế (h), chiều cao sóng thiết kế (H_s) và chu kỳ sóng thiết kế (T_p).

Bước 2. Tính toán chiều cao sóng sau RNM

- Xác định hệ số giảm sóng (K_t): với mục đích giảm tác động của sóng đến bờ và công trình; căn cứ điều kiện địa hình bãi trước đê và các yếu tố động lực ven bờ, lựa chọn giá trị của hệ số giảm sóng K_t . Thông thường nên chọn $K_t = 0,6 \div 0,7$ [40]

- Tính chiều cao sóng sau khi ra khỏi RNM: $H_{rms} = (1 - K_t) \cdot H_{rms,0}$, trong đó $\left(H_{rms,0} = \frac{H_s}{\sqrt{2}} \right)$

Bước 3. Tính hệ số cản sóng C_D

- Chọn loại cây để xác định h_v và b_v ;

- Tính lưu tốc ngang cực đại (u_m) tại độ sâu ứng với vị trí ngọn cây theo công thức (3.15) và hệ số hiệu chỉnh chiều cao cây (α_h) theo công thức (3.17);

- Thay u_m và α_h vào công thức (3.18) để tìm hệ số Keulegan – Carpenter cải biên (KC_v), (trong đó hệ số $n = 5$).

- Tính C_D theo công thức (3.20) khi biết KC_v

Bước 4. Tính mật độ cây

- Thay giá trị B_2 , C_D tìm được ở Bước 2 và Bước 3 để tìm hệ số B_0

- Thay B_0 , h_v , b_v vào công thức (3.13) để tìm mật độ cây (N_v).

Căn cứ giá trị mật độ cây vừa tìm được và tương quan giữa N_v , b_v , h_v để xem xét. Nếu tương quan $N_v \sim b_v$; $N_v \sim h_v$ không phù hợp, chọn lại các thông số b_v , h_v để tính lại N_v từ Bước 3.

4.4.2. Xác định chiều rộng đai trồng RNM khi biết trước các yếu tố động lực ven bờ và chủ động về giống cây ngập mặn (chiều cao cây, mật độ cây)

Bước 1. Xác định các yếu tố động lực ven bờ thiết kế

Căn cứ vào vị trí khu vực trồng RNM và tần suất thiết kế để xác định các yếu tố động lực ven bờ: độ sâu nước thiết kế (h) và chiều cao sóng thiết kế (H_s), chu kỳ sóng thiết kế (T_p).

Bước 2. Lựa chọn loài cây và tuổi cây

Căn cứ điều kiện lập địa và phân bố CNM để lựa chọn loài cây và tuổi cây phù hợp. Mục đích để xác định diện tích cần của CNM (đường kính tính toán của cây - b_v) theo công thức (3.9).

Bước 3. Tính toán thiết kế RNM giảm sóng

- Xác định hệ số giảm sóng (K_t): Căn cứ điều kiện địa hình bãi trước đê và các yếu tố động lực ven bờ để lựa chọn giá trị của K_t để đảm bảo năng lượng còn lại của sóng ít ảnh hưởng đến bờ và công trình. Thông thường nên chọn $K_t = 0,7$ [40]

- Xác định chiều cao sóng sau khi ra khỏi RNM (H_{rms}): sau khi xác định được $H_{rms,0}$ và K_t sẽ tính được chiều cao sóng sau rừng (H_{rms}): $H_{rms} = (1 - K_t) \cdot H_{rms,0}$, trong đó $\left(H_{rms,0} = \frac{H_s}{\sqrt{2}} \right)$

- Xác định mật độ cây (N_v)

Căn cứ đặc điểm sinh học của loài cây và tuổi cây để xác định mật độ cây phù hợp. Cây càng nhỏ thì mật độ càng dày. Có 3 loại mật độ để tham khảo là: dày, trung bình và thưa [40].

- Xác định chiều rộng RNM (X): công thức (3.26), (3.20), (3.18) và (3.13)

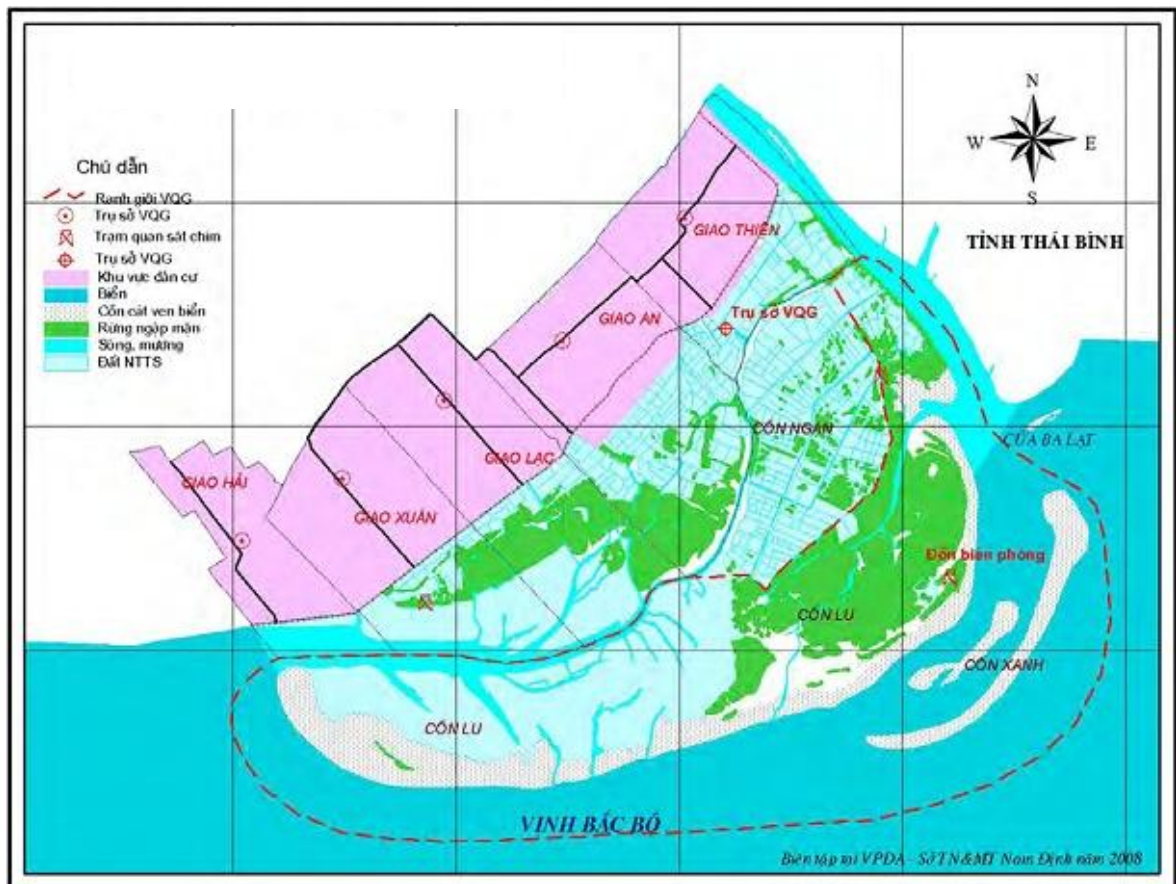
4.5. Áp dụng tính toán thiết kế RNM giảm sóng cho đoạn đê biển lựa chọn thuộc xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định

4.5.1 Thông tin chung

4.5.1.1 Vị trí địa lý

Hệ thống đê biển Nam Định có tổng chiều dài 90,82 km, gồm 03 tuyến thuộc địa bàn 03 huyện: Giao Thủy, Hải Hậu và Nghĩa Hưng theo sự chia cắt của 04 cửa sông: Ba Lạt, Hà Lạn, Ninh Cơ và Đáy. Cả 03 vùng tuyến đều có phần trực diện với biển và không trực diện với biển.

Đoạn đê biển lựa chọn để tính toán thiết kế RNM thuộc bãi biển xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định. Địa hình vùng bãi triều bị phân cắt bởi 2 con sông là sông Vọng và sông Trà chia cắt khu vực thành 4 khu là: Bãi Trong, Cồn Ngạn, Cồn Lu và Cồn Xanh. Đây là bãi biển liên tục bị bào mòn, hạ thấp.



Hình 4.1. Bản đồ vị trí xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định

4.5.1.2 Sóng, gió

Vị trí lựa chọn nghiên cứu ứng dụng mang đặc tính mùa rất rõ nét. Mùa đông chịu sự chi phối của gió mùa Đông - Bắc và sóng lừng cùng hướng, tần suất xuất hiện từ 60% đến 70%. Độ cao sóng $H_s = (2 \div 3)m$, chu kỳ sóng trung bình $\bar{\tau} = (11 \div 12)s$; mùa hè chịu ảnh hưởng của hệ thống gió mùa Tây - Nam có các hướng gió chính là Nam và Đông - Nam với tần suất 60%. Độ cao sóng $H_s = (1 \div 2) m$, chu kỳ sóng trung bình $\bar{\tau} = (8 \div 10)s$ [1].

4.5.1.3 Địa hình bãi

Mặt cắt lựa chọn là mặt cắt bãi và đê. Địa hình mặt cắt ngang dài 300 m từ chân đê. Độ dốc bãi 6,93%

Trong đó:

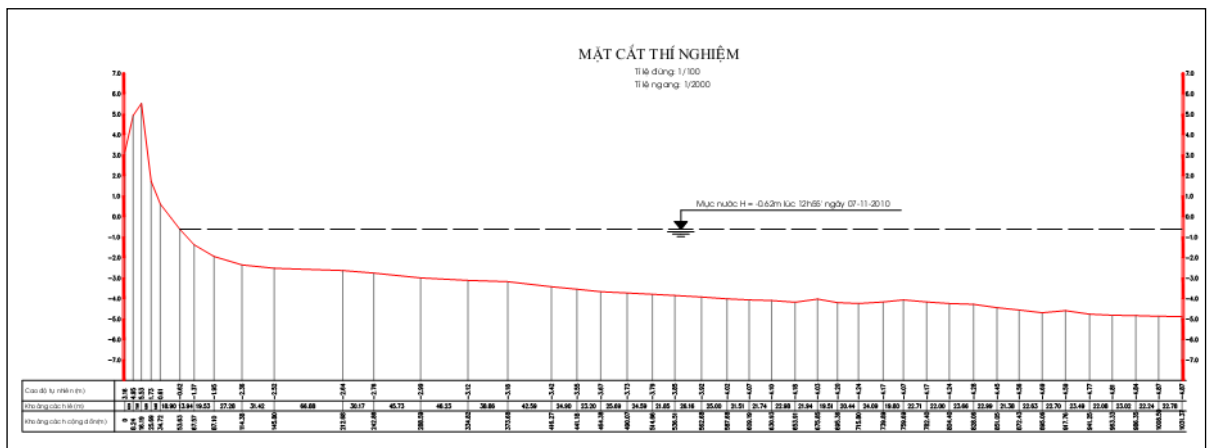
Cao trình đỉnh đê: + 5,5 m;

Chiều rộng đỉnh đê: 5,0 m;

Chiều rộng chân đê: 32 m;

Độ dốc mái đê: $m_{\text{biên}} = 4$; $m_{\text{đông}} = 2,5$

Chi tiết xem tại Bảng 4.1 và Hình 4.1.



Hình 4.2. Mặt cắt địa hình bãi biển (số 6) xã Giao xuân, Giao Thủy, Nam Định

Bảng 4.1. Số liệu địa hình bãi biển số 6 thuộc khu vực Giao Thủy, Nam Định

STT	Thực tế (cm)			STT	Thực tế (cm)		
	Cộng dồn	KC lẻ	Cao độ		Cộng dồn	KC lẻ	Cao độ
1	0	0	50	12	4823	556	-62
2	492	492	120	13	6635	1812	-143
3	847	355	262	14	8153	1518	-121
4	1207	360	406	15	9707	1554	-132
5	1567	360	550	16	10627	920	-126
6	2067	500	550	17	11391	764	-138

STT	Thực tế (cm)			STT	Thực tế (cm)		
	Cộng dồn	KC lẻ	Cao độ		Cộng dồn	KC lẻ	Cao độ
7	2507	440	440	18	12991	1600	-170
8	2947	440	330	19	16240	3249	-180
9	3387	440	220	20	21042	4802	-220
10	3827	440	110	21	26063	5021	-240
11	4267	440	0	22	30715	4652	-270

4.5.2 Áp dụng tính toán thiết kế RNM giảm sóng cho đê biển xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định

4.5.2.1 Xác định mực nước thiết kế (h) và chiều cao sóng thiết kế (H_s)

Căn cứ phụ lục A kèm theo để xác định mực nước thiết kế và chiều cao sóng thiết kế tại vị trí xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định (tương ứng MC 13, tọa độ ($106^{\circ}31'$, $20^{\circ}12'$)). Cụ thể như Bảng 4.2.

Bảng 4.2. Mực nước tổng hợp và chiều cao sóng tính toán

Tần suất (P, %)	2	5	10
Độ sâu nước (h, m)	2,859	2,214	1,831
Chiều cao sóng (H_s , m)	2,42	2,10	1,92
Chu kỳ sóng (T_p , s)	11,76	10,89	10,89

Lựa chọn mực nước và chiều cao sóng tương ứng tần suất 5% để tính toán thiết kế.

4.5.2.2 Lựa chọn loài cây, tuổi cây

Khu vực ven biển Thái Bình và Nam Định, chi thực vật ngập mặn phổ biến nhất là: sú, trang, bần chua,... . Trong tính toán này, nghiên cứu sinh chọn cây bần chua 7 tuổi đến 9 tuổi để tính toán thiết kế.

Tương ứng với mực nước thiết kế $h = 2,214$ m, xác định được giá trị đường kính trung bình của 1 cây là:

$$b_v = \sqrt{\sum_1^{n_c} d_i^2} = 0,172 \text{ (m)}$$

4.5.2.3 Lựa chọn mật độ cây và bố trí CNM

Tham khảo [40], chọn mật độ cây ở mức trung bình, $N_v = 2500$ cây/ha, bố trí thành các hàng so le nhau.

4.5.2.4 Xác định chiều cao sóng sau rừng

Tham khảo [40], chọn

$$K_t = 1 - \frac{H_{rms}}{H_{rms,0}} = 0,7 \quad (4-1)$$

Thay $H_{rms,0} = \frac{H_s}{\sqrt{2}} = 1,48$ m vào công thức (4-1) để xác định chiều cao sóng sau rừng:

$$H_{rms} = 0,3 \times H_{rms,0} = 0,44 \text{ m}$$

Tổng hợp các giá trị về mực nước, thông số sóng và CNM như Bảng 4.3

Bảng 4.3. Giá trị mực nước, thông số sóng và CNM

L	b_v	N_v	T	g	π	h	h_v	H_{rms}	$H_{rms,0}$
(m)	(m)	(cây/m ²)	(s)	(m/s ²)		(m)	(m)	(m)	(m)
50,12	0,172	0,25	10,89	9,81	3,1416	2,214	4,5	0,44	1,48

trong đó: L là bước sóng, xác định theo công thức: $L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$

4.5.2.5 Xác định chiều rộng đai trồng RNM chắn sóng (X)

a) Tính toán giá trị hệ số B_0 theo công thức (3.13)

trong đó: k là số sóng xác định theo công thức: $k = \frac{2\pi}{L} = 0,125$;

ω là vận tốc góc của sóng xác định theo công thức: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 0,577$

Giá trị của hệ số B_0 như tại Bảng 4.4

Bảng 4.4. Tính toán giá trị hệ số B_0

$\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$	$b_v N_v$	$\left(\frac{k \cdot g}{2\omega}\right)^3$	$\sinh^3(kh_v)$	$3\sinh(kh_v)$	$3k\cosh^3(kh)$	B_0 (m)
0,282	0,043	1,211	0,210	1,784	0,422	0,069

b) Tính toán giá trị hệ số cản C_D theo công thức (3.20)

trong đó: KC_V là hệ số Keulegan - Carpenter cải biên, xác định theo công thức (3.18);

u_m là giá trị lưu tốc ngang đặc trưng, xác định theo công thức (3.15);

c là vận tốc đỉnh sóng, xác định theo công thức: $c^2 = \frac{g}{k} \tanh(kh)$;

c_g - vận tốc nhóm sóng, xác định theo công thức: $c_g = \frac{c}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)}\right)$

Kết quả tính toán hệ số cản C_D như tại Bảng 4.5

Bảng 4.5. Tính toán giá trị hệ số cản C_D

$2\sinh(kh)$	$\cosh[k(h-h_v)]$	c	c_g	u_m	$\sinh(2kh)$	$\tanh(kh)$	KC_V	C_D
0,562	1,041	4,602	4,488	0,475	0,584	0,271	30,154	0,518

c) Tính toán chiều rộng đai rừng (X) theo công thức (3.26)

Bảng 4.6. Chiều rộng đai RNM giảm sóng

H_{rms} (m)	$H_{rms,0}$ (m)	B_0	c_g	C_D	X (m)
0,44	1,48	0,069	4,488	0,518	482,5

Tóm lại

Với điều kiện địa hình bãi có độ dốc $i \approx 6,93\%$, trong điều kiện thủy lực triều như Bảng 4.1 và yêu cầu giảm 70% chiều cao sóng tác động đến bờ. Thông qua tính toán theo các công thức đã được thiết lập ở Chương 3, xác định các thông số cơ bản của RNM giảm sóng. Kết quả như sau:

- Loài và tuổi CNM: cây bần chua, từ 7 tuổi đến 9 tuổi (cây cao khoảng 4,5 m);
- Mật độ trồng RNM: $N_v = 2500$ cây/ha;
- Chiều rộng RNM giảm sóng là: $X \approx 485$ m;
- Hệ số cản sóng của RNM: $C_D = 0,518$.

4.6. Kết luận Chương 4

Căn cứ kết quả thiết lập tại Chương 3; tùy thuộc vào điều kiện địa hình bãi trước đê, nghiên cứu sinh đã đề xuất quy trình tính toán thiết kế RNM cho 2 loại địa hình ven bờ. Đây là 02 dạng địa hình bờ biển phổ biến ở Việt Nam.

Ứng dụng kết quả nghiên cứu đã thiết kế RNM bảo vệ đê biển tại xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định. Phương pháp tính toán đã xét đến ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực ven bờ như: độ sâu nước (h), các thông số sóng (H_s, T_p, \dots); ảnh hưởng của các yếu tố liên quan đến cấu trúc RNM như: mật độ cây (N_v), tuổi và loài cây (thông qua chiều cao cây (h_v) và đường kính trung bình thân cây (b_v)); ảnh hưởng của chiều cao cây thông qua hệ số hiệu chỉnh chiều cao cây $\alpha_h = \min\left(\frac{h_v}{d}; 1\right)$.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. Kết quả đạt được của luận án

1. Nghiên cứu tổng quan

Luận án đã tổng quan các nghiên cứu về vai trò giảm sóng và chắn sóng của cây ngập mặn và rừng ngập mặn ở trong nước và trên thế giới. Thông qua phương pháp phân tích thống kê, luận án đã khái quát được những tồn tại của các nghiên cứu đi trước, nhận dạng đầy đủ các yếu tố chi phối đến hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn. Qua phân tích, đánh giá về vùng lập địa và phân bố cây ngập mặn, điều kiện thủy hải văn vùng ven biển tại khu vực nghiên cứu, nghiên cứu sinh đã đưa ra định hướng chính là nghiên cứu tác dụng giảm sóng của rừng ngập mặn thuần loài bần chua (*Sonneratia caseolaris*) có xét đến các điều kiện tự nhiên đặc thù vùng ven bờ khu vực ven biển Thái Bình, Nam Định.

Để giải quyết được mục tiêu đề ra, nghiên cứu sinh kế thừa có chọn lọc các kết quả của các nghiên cứu đi trước, kết hợp hài hòa nghiên cứu mô hình toán, mô hình vật lý và nghiên cứu ứng dụng.

2. Nghiên cứu bằng mô hình toán

Lựa chọn mô hình phi thủy tĩnh về động lực học sóng biển SWASH để đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố về đặc điểm, cấu trúc rừng ngập mặn (tuổi cây, mật độ cây, chiều rộng đai rừng) làm cơ sở cho việc thiết kế và thiết lập các kịch bản thí nghiệm mô hình vật lý. Kết quả tính toán bằng mô hình toán cho thấy:

a) Ảnh hưởng của cấu trúc cây và mật độ cây (N)

Cấu trúc cây càng lớn, ảnh hưởng đến sự suy giảm chiều cao sóng càng nhiều.

Mật độ cây (N) càng dày thì sự suy giảm chiều cao sóng (H_{mro}) càng lớn. Liên hệ giữa mật độ cây và chiều cao sóng là nghịch biến. Tuy nhiên, mối liên hệ này còn

chịu ảnh hưởng của giá trị chiều cao cây tương đối $\left(\frac{h_v}{d}\right)$: khi cây cao $\left(\frac{h_v}{d} \geq 1\right)$, hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn cao hơn nhiều khi cây thấp $\left(\frac{h_v}{d} < 1\right)$.

Trường hợp cây cao $\left(\frac{h_v}{d} \geq 1\right)$ và mật độ cây lớn hơn 2125 cây/ha (tương đương 85 cây/1m² trên mô hình) thì tốc độ suy giảm chiều cao sóng chậm lại (đạt 80,17% khi N = 85 cây/1m² và 80,87% khi N = 98 cây/1m²). Rừng ngập mặn với mật độ cây đến 2125 cây/ha (tương đương 85 cây/1m² trên mô hình) là phạm vi hợp lý nhất để thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng.

b) Tác dụng của chiều rộng rừng ngập mặn

Sóng lan truyền càng sâu vào trong đai rừng ngập mặn thì chiều cao sóng suy giảm càng nhiều. Rừng ngập mặn với chiều rộng 300 m (tương đương 15 m trên mô hình) có thể làm suy giảm trên 90% chiều cao sóng.

Xét về hiệu quả giảm sóng, việc giảm đến 70% chiều cao sóng đã có ý nghĩa rất lớn đối với bờ biển và công trình ven bờ. Rừng ngập mặn với chiều rộng 300 m (tương đương 15 m trên mô hình) là phạm vi tối ưu để đáp ứng yêu cầu giảm sóng bảo vệ bờ.

3. Nghiên cứu bằng mô hình vật lý

Triển khai 84 thí nghiệm tổ hợp từ 28 sóng ngẫu nhiên theo 03 trường hợp: bãi không có rừng ngập mặn, bãi có rừng ngập mặn mật độ 1500 cây/ha và 2125 cây/ha (tương đương 60 cây/1m², 85 cây/1m² trên mô hình), thí nghiệm tập trung theo phạm vi đã giới hạn từ kết quả nghiên cứu bằng mô hình toán để xây dựng công thức thực nghiệm hệ số cản tổng hợp C_D và công thức bán kính nghiệm xác định chiều cao sóng khi có bãi rừng ngập mặn.

a) Xây dựng quan hệ thực nghiệm hệ số cản tổng hợp C_D

Áp dụng phương trình cân bằng năng lượng sóng ngẫu nhiên và cơ sở lý thuyết sóng tuyến tính, tác giả đã xây dựng được phương trình xác định hệ số cản tổng hợp

C_D của rừng ngập mặn, trong đó có xét đến sự phụ thuộc phức tạp vào các tham số của dòng chảy cũng như các đặc trưng thực vật của rừng ngập mặn.

$$C_D = 1,618 \cdot e^{(-0,0378KC_v)}$$

trong đó:

$$KC_v = \alpha_h^5 \cdot \frac{u_m \cdot T_p}{b_v}; \quad \alpha_h = \min\left(\frac{h_v}{d}; 1\right)$$

b) Công thức bán kính nghiệm xác định chiều cao sóng lan truyền trên bãi có rừng ngập mặn

Phương trình cân bằng năng lượng sóng cũng được sử dụng để xây dựng công thức bán kính nghiệm về sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng ngập mặn trong trường hợp bãi có đáy thoải, bỏ qua ảnh hưởng của sóng vỡ và ma sát đáy.

$$\frac{H_{rms}}{H_{rms,0}} = \frac{1}{1 + B_2 \cdot x}$$

trong đó:
$$B_2 = \frac{4C_D H_{rms,0}}{g \cdot c_g} \cdot \frac{1}{2\sqrt{\pi}} b_v N_v \left(\frac{k \cdot g}{2\omega}\right)^3 \frac{\sinh^3(kh_v) + 3 \sinh(kh_v)}{3k \cosh^3(kh)}$$

Đây là trường hợp khá điển hình trong thực tế bãi biển có rừng ngập mặn ở Việt Nam. Sóng đến trước rừng đã bị vỡ phần lớn do địa hình bãi rất thoải và điều kiện hạn chế về độ sâu nước ở trên bãi.

Thông qua việc so sánh giữa số liệu tính toán theo công thức thiết lập được từ kết quả nghiên cứu của luận án với các số liệu đo từ thí nghiệm mô hình vật lý cho thấy kết quả nghiên cứu là tin cậy và có khả năng ứng dụng trong thiết kế rừng ngập mặn ven biển, đặc biệt đối với vùng bãi có đáy thoải và sóng đã bị vỡ nhiều trước khi vào bãi.

4. Nghiên cứu ứng dụng

Để có thể ứng dụng kết quả nghiên cứu của luận án vào thực tế tính toán thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng, nghiên cứu sinh đề xuất quy trình và phương pháp tính toán thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng bảo vệ đê biển cho 02 loại địa hình đặc

trung, phổ biến trong thực tế bãi biển ở Việt Nam; các phương pháp tính toán đã xem xét đầy đủ các tham số chi phối ảnh hưởng đến sự suy giảm chiều cao sóng.

Áp dụng quy trình và phương pháp tính toán đã đề xuất để tính toán thiết kế rừng ngập mặn bảo vệ đê biển tại xã Giao Xuân, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.

II. Những đóng góp mới của luận án

1. Đã lượng hóa được ảnh hưởng của các tham số chính chi phối đến hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn, đặc biệt là các yếu tố về sóng, mực nước và cây ngập mặn mang tính đặc thù về điều kiện tự nhiên vùng bờ biển Thái Bình, Nam Định:

a) Xây dựng quan hệ thực nghiệm xác định hệ số cản tổng hợp C_D :

$$C_D = 1,618.e^{(-0,0378KCv)}$$

b) Xây dựng công thức bán kinh nghiệm xác định chiều cao sóng lan truyền trên bãi có RNM:

$$\frac{H_{rms}}{H_{rms,0}} = \frac{1}{1 + B_2 \cdot x}$$

2. Đề xuất được phương pháp và quy trình tính toán, thiết kế đai trồng rừng ngập mặn bảo vệ đê biển, giải quyết vấn đề còn nhiều vướng mắc trong thực tiễn bảo vệ đê biển, bờ biển ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của luận án có thể tham khảo khi thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng.

III. Tồn tại và hướng phát triển

1. Những tồn tại

Luận án dừng lại nghiên cứu tác dụng giảm sóng cho rừng ngập mặn thuần loài mà chưa xem xét cho rừng hỗn loài;

Những đóng góp mới của luận án được nghiên cứu dựa trên kết quả thí nghiệm mô hình vật lý, sự hỗ trợ của mô hình toán và các phần mềm tính toán. Các nghiên cứu của nghiên cứu sinh cũng đã được kiểm nghiệm theo một số liệt số liệu thực đo tại khu vực ven biển tỉnh Nam Định. Các kết quả trên sẽ thuyết phục hơn khi có nhiều

hơn các số liệu thí nghiệm mô hình tỷ lệ lớn hoặc số liệu thực đo dài ngày và đồng bộ với các yếu tố thủy thạch động lực ven bờ.

2. Hướng phát triển

Xác định không gian hợp lý giữa: Rừng ngập mặn ~ Vùng sóng vỡ ~ Hệ thống đê biển;

Mở rộng nghiên cứu tác dụng giảm sóng cho rừng ngập mặn hỗn loài.

Nghiên cứu xem xét ảnh hưởng của độ dốc bãi biển đến sự suy giảm năng lượng sóng ở trong rừng ngập mặn.

IV. Kiến nghị

Bổ sung những đóng góp mới của luận án vào tài liệu tham khảo hướng dẫn tính toán thiết kế rừng ngập mặn giảm sóng bảo vệ đê biển;

Tiếp tục nghiên cứu không gian hợp lý của rừng ngập mặn giảm sóng và nghiên cứu về hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn hỗn loài;

Cập nhật cơ sở dữ liệu về đặc điểm, cấu trúc của một số loài cây ngập mặn khác, ở những vùng khác nhau để có thể tham khảo, áp dụng chung.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Nguyễn Tuấn Anh, (2017), Nghiên cứu xác định hệ số cản C_D khi sóng lan truyền trên bãi có cây ngập mặn tại một số khu vực ven biển Bắc Bộ, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn - Số 23 - Tháng 12/2017, trang 70-74.
2. Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Thị Phương Thảo, (2013), Nghiên cứu cơ chế tác động giảm sóng của rừng cây ngập mặn khu vực Hải Phòng, Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường – Tháng 11/2013, trang 167-172.
3. Doãn Tiến Hà, Nguyễn Tuấn Anh, (2013), Nghiên cứu quá trình lan truyền sóng tại khu vực cửa Ba Lạt và cửa Lạch Giang theo các kịch bản bãi bồi và công trình chỉnh trị. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn - Số 17 - Tháng 9/2013, trang 51-57.
4. Nguyễn Khắc Nghĩa, Đinh Vũ Thanh, Nguyễn Tuấn Anh, (2010), Một số kết quả nghiên cứu tác dụng giảm sóng của rừng cây ngập mặn ven biển trong quy hoạch và thiết kế đê biển. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn – Số 3 - Tháng 03/2010, trang 61-66.
5. Đinh Vũ Thanh, Nguyễn Tuấn Anh, (2010), Tác động của biến đổi khí hậu đến công trình thủy lợi và giải pháp thích ứng. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn – Số 2 - Tháng 02/2010, trang 78-85.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Danh mục tài liệu tiếng Việt

- [1] Vũ Thanh Ca, 2005. *Sóng và gió*. Đại học thủy lợi
- [2] La Thị Cang, Võ Lương Hồng Phước, 2005. *Ảnh hưởng của chuyển động sóng lên chuyển vận trầm tích và xói mòn bờ biển vùng rừng ngập mặn*, Hội nghị tổng kết nghiên cứu cơ bản trong khoa học tự nhiên khu vực phía Nam năm 2005. Tr 38-41
- [3] Vũ Minh Cát, 2009. "Nghiên cứu, đề xuất mặt cắt ngang đê biển hợp lý với từng loại đê và phù hợp với điều kiện từng vùng từ Quảng Ninh đến Quảng Nam", Đề tài nghiên cứu khoa học
- [4] Trịnh Văn Hạnh, 2011. "Nghiên cứu các giải pháp trồng cây bảo vệ đê biển, góp phần cải thiện môi trường ở các tỉnh từ Quảng Ngãi đến Kiên Giang", Đề tài nghiên cứu khoa học
- [5] Lương Phương Hậu, Hoàng Xuân Lượng, Nguyễn Sĩ Nuôi, Lương Giang Vũ, 1999. *Công trình bảo vệ bờ biển và hải đảo*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [6] Lương Phương Hậu, Trần Đình Hợi, 2003. *Lý thuyết thí nghiệm mô hình công trình thủy*, Nhà xuất bản Xây dựng.
- [7] Nguyễn Công Hiền, Nguyễn Phạm Thục Anh, 2006. *Mô hình hóa hệ thống và mô phỏng*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật
- [8] Vũ Như Hoán, 1999. *Mức độ biến động mực nước ven biển ở Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật
- [9] Phan Nguyên Hồng, Vũ Thục Hiền, Lê Xuân Tuấn, Nguyễn Hữu Thọ, Vũ Đoàn Thái, 2005. "Vai trò của rừng ngập mặn trong việc bảo vệ các vùng ven biển", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 57-70
- [10] Phan Nguyên Hồng, Lê Xuân Tuấn, Vũ Thục Hiền, 2007. *Vai trò của hệ sinh thái rừng ngập mặn và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp
- [11] Phạm Văn Huân, 2002. *Động lực học biển*, Nhà xuất bản đại học quốc gia Hà Nội
- [12] Đinh Văn Huy, Đỗ Đình Chiến, Trần Đức Thạnh, Bùi Văn Vượng, 2003. *Đặc trưng hình thái, động lực và biến dạng bờ Hải Hậu, Nam Định*. Tuyển tập Tài nguyên và Môi trường biển, tập X, Tr.106-125. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
- [13] Nguyễn Văn Lai, 2006. *Hải Dương học (giáo trình)*, Nhà xuất bản Xây dựng.

- [14] Trần Đình Lân, 2007. "Ứng dụng viễn thám và hệ thống thông tin địa lý nghiên cứu tai biến môi trường vùng bờ tây vịnh Bắc Bộ", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 157-162
- [15] Đinh Văn Mạnh, 2009. "Nghiên cứu đề cập nhật, chi tiết hoá bộ số liệu cơ bản về triều, nước dâng dọc bờ biển từ Quảng Ninh đến Quảng Nam phục vụ tính toán thiết kế, củng cố nâng cấp đê biển", Đề tài nghiên cứu khoa học
- [16] Y. Mazda, et al, 1997. "*Mangrove as a coastal protection from waves in the Tonkin delta, Vietnam*", *Mangroves Salt Marshes*, 1: 127-135 hoặc Y. Mazda, M. Magi, M. Kogo, Phan Nguyên Hồng, 1994. "Vai trò chắn sóng bảo vệ bờ biển của rừng ngập mặn ở đồng bằng Bắc Bộ", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 11-20.
- [17] Y. Mazda, Faizal Parish, Finn Danielsen, Fumihiko Imamura RNM, 2007. "RNM - Tấm lá chắn bảo vệ con người chống lại sóng thần", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 33-48
- [18] Y. Mazda, Michimasa Magi, Yoshichika Ikeda, Tadayuki Kurokawa, Tetsumi Asamo, 2006. "Sự giảm sóng trong rừng ngập mặn có loài bản ưu thế (Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp)", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 21-32
- [19] Nguyễn Khắc Nghĩa, 2009. "Xác định chiều cao sóng trong tính toán thiết kế đê biển từ Quảng Ninh đến Quảng Nam", Đề tài nghiên cứu khoa học
- [20] Nguyễn Khắc Nghĩa, 2010. "Nghiên cứu giải pháp KHCN xây dựng đê biển chống được bão cấp 12, triều cao (từ Quảng Ninh đến Ninh Bình)", Đề tài nghiên cứu khoa học
- [21] Nguyễn Khắc Nghĩa, Nguyễn Minh Huân, 2013. "Tính toán xác định mức độ giảm sóng qua RNM" Tuyển tập khoa học công nghệ giai đoạn 2008-2013, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr 297-307
- [22] Nguyễn Văn Ngoãn, 2013. *Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và khả năng chắn sóng của RNM ở Việt Nam*. Luận án Tiến sĩ. Đại học Lâm nghiệp
- [23] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2012, Diện tích rừng toàn quốc năm 2011, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 2012
- [24] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2008. Đề án phục hồi và phát triển rừng ngập mặn ven biển giai đoạn 2008-2015
- [25] Ngô Đình Quế, Ngô An, 2003. *Phân chia lập địa cho vùng ngập mặn ven biển Việt Nam*. Tạp chí Khoa học đất, Số 19

- [26] Ngô Đình Quế, 2007. Một số kết quả nghiên cứu các giải pháp kinh tế, kỹ thuật nhằm khôi phục và phát triển RNM ở Việt Nam. *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 343-354
- [27] Nguyễn Việt Quỳnh, 2012. *Tính toán quá trình lan truyền sóng trong rừng ngập mặn*. Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên
- [28] Vương Văn Quỳnh, 2011. *Nghiên cứu các giải pháp sử dụng rừng để chắn sóng ven biển và giảm lũ ở Việt Nam*. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp nhà nước
- [29] Đỗ Đình Sâm, Nguyễn Ngọc Bình, Ngô Đình Quế, Vũ Tuấn Phương, 2003. *Tổng quan RNM Việt Nam. Hợp phần RNM Việt Nam*. Dự án ngăn ngừa xu hướng suy thoái môi trường biển Đông và Vịnh Thái Lan, Viện Khoa học Lâm Nghiệp Việt Nam, Hà Nội
- [30] Gayathri Sriskanthan, 1994. Vai trò của hệ sinh thái trong việc bảo vệ bờ biển, cuộc sống và sinh kế của cộng đồng: Bài học từ sóng thần Châu Á, *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 89-110
- [31] Vũ Trung Tạng, 2007. Đất ngập nước đồng bằng sông Hồng: Tiềm năng, thách thức và các giải pháp cho phát triển bền vững, *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 257-264
- [32] Vũ Đoàn Thái, *Nghiên cứu một số kiểu cấu trúc RNM ảnh hưởng đến khả năng bảo vệ bờ biển ở Hải Phòng*. Luận án Tiến sĩ. Đại học Hải Phòng
- [33] Vũ Đoàn Thái, 2011. *Vai trò của rừng ngập mặn làm giảm sóng bão tại khu vực Đại Hợp - Kiến Thụy - Hải Phòng*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển T11 (2011). Số 1. Tr 43 - 55
- [34] Trần Đức Thanh, 2007. "Những vấn đề môi trường ven biển nổi bật ở Việt Nam và định hướng bảo vệ", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 119-134
- [35] Bùi Xuân Thông, 2007. "Đặc điểm hình thành các loại sóng lớn ven bờ Việt Nam và tác động của RNM làm giảm nhẹ thiên tai", *Vai trò của hệ sinh thái RNM và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr 3-10
- [36] Trần Văn Thụy, Phan Tiến Thành, Đoàn Hoàng Giang, Phạm Minh Dương, Nguyễn Thu Hà, Nguyễn Minh Quốc, *Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến một số hệ sinh thái ven biển tỉnh Thái Bình và khả năng ứng phó*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 32, Số 1S (2016).

- [37] Nguyễn Việt Tiến, 2015. *Nghiên cứu hiệu quả của đê ngầm đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng tác động vào bờ biển Việt Nam*. Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học thủy lợi
- [38] Đinh Văn Ưu, Nguyễn Thọ Sáo, Phùng Đăng Hiếu, 2003. *Thủy lực biển*. Nhà xuất bản đại học quốc gia Hà Nội
- [39] Tôn Thất Vĩnh, 2003. *Công trình bảo vệ bờ, đê*. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật
- [40] Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 9901:2014, *Công trình thủy lợi – Yêu cầu kỹ thuật thiết kế đê biển*
- [41] Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 10405: 2014, *Công trình thủy lợi - Đại cây chắn sóng - Khảo sát và thiết kế*
- [42] Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 8214:2009, *Thí nghiệm mô hình vật lý công trình thủy lợi, thủy điện*
- [43] Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 12196:2018, *Thí nghiệm mô hình vật lý sông*

2. Danh mục tài liệu tiếng Anh

- [44] Lauren N. Augustin, Jennifer L. Irish, Patrick Lynett, 2009. Laboratory and numerical studies of wave damping by emergent and near - emergent wetland vegetation. *Coast. Eng.*, 56: 332-340
- [45] Tran Quang Bao, 2011. Effect of mangrove forest structures on wave Vietnam, *Polish Academy of sciences, Institute of oceanology*, 2011, Pp 807-818
- [46] Robert A. Dalrymple, M. ASCE, James T. Kirby and Paul A. Hwang, 1984. Wave diffraction due to areas of energy dissipation. *J. Waterway Port Coastal Ocean Engineering* 110, 67-79
- [47] Finn Danielsen, Mikael K. Sørensen, Mette F. Olwig, Vaithilingam Selvam, Faizal Parish, Neil D. Burgess, Tetsuya Hiraishi, Vagarappa M. Karunakaran, Michael S. Rasmussen, Lars B. Hansen, Alfredo Quarto, Nyoman Suryadiputra, 2005. The Asian tsunami: A protective role for coastal vegetation. *Science*, 310: 643
- [48] K. Harada, F. Imamura and T. Hiraishi, 2002. Experimental study on the effect in reducing tsunami by the coastal permeable structures. *Proceedings of the 12th International Offshore and Polar Engineering Conference*. Kitakyushu, Japan, May 26-31
- [49] S. Husrin, A. Strusińska and H. Oumeraci, 2012. Global and local processes of tsunami attenuation by mangrove forests – Laboratory tests results. *8th International conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries - Proceedings of COPEDEC 2012, IIT Madras, Chennai, India*. 20-

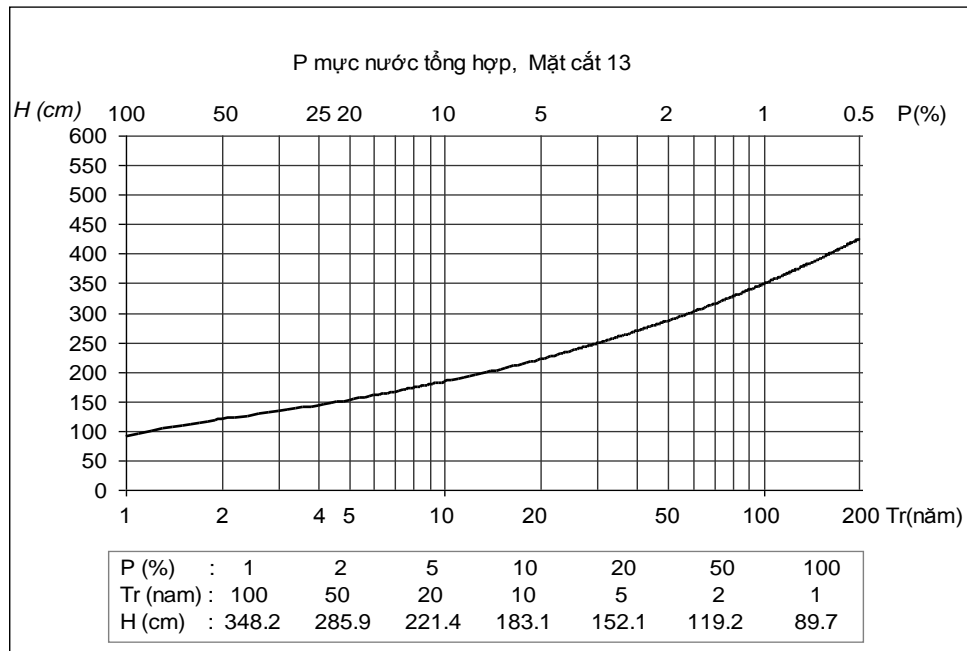
24 February 2012, 1154-1165

- [50] Kandasamy Kathiresan and Narayanasamy, 2005. Rajendran Coastal mangrove forests mitigated tsunami, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65 (2005) 601-606
- [51] J. Larsson, C. Folke, and N. Kautsky. 1994. Ecological Limitations and Appropriation of Ecosystem Support by Shrimp Farming in Colombia. *Environmental Management* 18(5):663–676
- [52] Yoshihiro Mazda, Eric Wolanski, Brian King, Akira Sase, Daisuke Ohtsuka and Michimasa Magi, 1997. Drag force due to vegetation in mangrove swamps. *Mangroves Salt Marshes*, 1: 193-199
- [53] Yoshihiro Mazda, Michimasa Magi, Yoshichika Ikeda, Tadayuki Kurokawa and Tetsumi Asanoo, 2006. Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp. *Wetlands Ecology and Management* 14 (4), 365-378
- [54] Yoshihiro Mazda, Faizal Parish, Finn Danielsen and Fumihiko Imamura, 2007. Hydraulic functions of mangroves in relation to tsunamis, *Mangrove Science*, Vol. 4 ; 2007
- [55] F.M. Mendez, and I.J. Losada, 2004. An empirical model to estimate the propagation of random breaking and non-breaking waves over vegetation fields. *Coast. Eng.*, 51: 103-118
- [56] Vo-Luong H.P. and S.R. Massel, 2008. Energy dissipation in non-uniform mangrove forests of arbitrary depth. *J. Mar. Syst.*, 74: 603-622
- [57] S. Quartel, A. Kroon , P.G.E.F. Augustinus, P. Van Santen, N.H. Tri, 2007. Wave attenuation in coastal mangroves in the Red River delta, Vietnam. *J. Asian Earth Sci.*, 29(4): 576-584
- [58] Hideaki Yanagisawa, Shunichi Koshimura, Kazuhisa Goto, Toyohiko Miyagi, Fumihiko Imamura, Anat Ruangrassamee, Charlchai Tanavud, 2009. The reduction effects of mangrove forest on a tsunami based on field surveys at Pakarang Cape, Thailand and numerical analysis. *Estuary. Coastal Shelf S.*, 81: 27-37
- [59] Marcel Zijlema†, Guus Stelling, Pieter Smit, 2011. *Simulating nearshore wave transformation with non-hydrostatic wave-flow modelling*, Delft University of Technology, The Netherlands
- [60] SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. *Coastal Engineering*, October 2011
- [61] MATLAB: MATrix LABoratory (R2007b) phần mềm cung cấp môi trường tính toán số và lập trình, do công ty MathWorks thiết kế

CÁC PHỤ LỤC

PHỤ LỤC A

A1. Mực nước tổng hợp ven bờ [39]



Đường tần suất mực nước tổng hợp tại điểm mặt cắt 13 ($106^{\circ}31'$, $20^{\circ}12'$) Giao Xuân, Giao Thủy, Nam Định

A2. Tham số sóng vùng nước nông ven bờ [39]

Tham số sóng vùng nước nông ven bờ tại điểm mặt cắt 13 ($106^{\circ}31'$, $20^{\circ}12'$) Giao Xuân, Giao Thủy, Nam Định

Khoảng cách từ bờ (m)	Độ sâu (m)	Hs (m)	Tp (s)	Tm01 (s)	Tm02 (s)	Set up (m)
Vùng 2 – Mặt cắt 13 – Chu kỳ 10 năm; X = 658070, Y = 2234111						
0	2,45	1,70	10,89	10,32	10,10	0,31
50	3,49	1,92	10,89	10,27	10,03	0,30
100	4,52	2,11	10,89	10,24	9,99	0,28
150	4,54	2,18	10,89	10,24	9,99	0,28
200	4,57	2,24	10,89	10,24	9,99	0,27
250	4,81	2,31	10,89	10,23	9,98	0,27
300	5,03	2,38	10,89	10,22	9,97	0,26
350	5,16	2,45	10,89	10,21	9,96	0,26

Khoảng cách từ bờ (m)	Độ sâu (m)	Hs (m)	Tp (s)	Tm01 (s)	Tm02 (s)	Set up (m)
400	5,29	2,51	10,89	10,21	9,95	0,25
450	5,50	2,57	10,89	20,20	9,94	0,25
500	5,70	2,64	10,89	10,19	9,93	0,24
600	6,11	2,74	10,89	10,17	9,90	0,24
700	6,46	2,81	10,89	10,15	9,88	0,23
800	6,80	2,87	10,89	10,14	9,86	0,23
900	6,99	2,92	10,89	10,13	9,85	0,23
1000	7,15	2,96	10,89	10,12	9,83	0,22
Vùng 2 – Mặt cắt 13 – Chu kỳ 20 năm; X = 658070, Y = 2234111						
0	2,83	1,89	10,89	10,58	10,35	0,32
50	3,88	2,10	10,89	10,54	10,30	0,31
100	4,91	2,29	10,89	10,51	10,26	0,29
150	4,93	2,35	10,89	10,51	10,26	0,28
200	4,96	2,41	10,89	10,51	10,26	0,28
250	5,19	2,49	10,89	10,50	10,24	0,27
300	5,42	2,56	10,89	10,49	10,23	0,27
350	5,55	2,62	10,89	10,48	10,22	0,27
400	5,68	2,68	10,89	10,48	10,22	0,26
450	5,88	2,75	10,89	10,47	10,20	0,26
500	6,09	2,80	10,89	10,46	10,19	0,25
600	6,50	2,90	10,89	10,44	10,17	0,25
700	6,85	2,98	10,89	10,42	10,14	0,24
800	7,19	3,03	10,89	10,41	10,12	0,24
900	7,38	3,08	10,89	10,40	10,11	0,24
1000	7,54	3,13	10,89	10,39	10,10	0,23
Vùng 2 – Mặt cắt 13 – Chu kỳ 50 năm; X = 658070, Y = 2234111						
0	3,48	2,23	11,76	10,83	10,58	0,33
50	4,53	2,42	11,76	10,79	10,54	0,31
100	5,56	2,59	11,76	10,77	10,51	0,30
150	5,58	2,65	11,76	10,77	10,50	0,30

Khoảng cách từ bờ (m)	Độ sâu (m)	Hs (m)	Tp (s)	Tm01 (s)	Tm02 (s)	Set up (m)
200	5,61	2,71	11,76	10,76	10,50	0,29
250	5,85	2,78	11,76	10,76	10,49	0,29
300	6,07	2,85	11,76	10,75	10,48	0,28
350	6,20	2,92	11,76	10,74	10,47	0,28
400	6,33	2,98	11,76	10,74	10,46	0,27
450	6,54	3,04	11,76	10,73	10,45	0,27
500	6,74	3,10	11,76	10,72	10,44	0,26
600	7,15	3,19	11,76	10,70	10,41	0,26
700	7,50	3,27	11,76	10,68	10,39	0,25
800	7,84	3,33	11,76	10,67	10,37	0,25
900	8,03	3,38	11,76	10,66	10,36	0,25
1000	8,19	3,42	11,76	10,65	10,34	0,25
Vùng 2 – Mặt cắt 13 – Chu kỳ 100 năm; X = 658070, Y = 2234111						
0	4,10	2,53	11,76	11,09	10,84	0,33
50	5,16	2,70	11,76	11,06	10,79	0,31
100	6,19	2,87	11,76	11,03	10,76	0,30
150	6,21	2,93	11,76	11,03	10,76	0,30
200	6,23	2,99	11,76	11,03	10,75	0,29
250	6,47	3,06	11,76	11,02	10,74	0,29
300	6,70	3,13	11,76	11,01	10,73	0,28
350	6,83	3,19	11,76	11,00	10,72	0,28
400	6,86	3,25	11,76	11,00	10,71	0,27
450	7,17	3,31	11,76	10,99	10,70	0,27
500	7,37	3,37	11,76	10,98	10,69	0,27
600	7,78	3,46	11,76	10,96	10,66	0,26
700	8,13	3,53	11,76	10,94	10,64	0,26
800	8,47	3,59	11,76	10,93	10,62	0,26
900	8,66	3,63	11,76	10,92	10,61	0,25
1000	8,82	3,69	11,76	10,91	10,59	0,25

PHỤ LỤC B

Kết quả nghiên cứu bằng MHT đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của mật độ, tuổi cây và chiều rộng đai RNM đến sự suy giảm chiều cao sóng

B1. Kết quả xác định thông số mô hình (trường hợp bãi không có RNM)

1. Độ sâu nước 0,25 m: Lựa chọn kích bản D25H12T16 và D25H25T23.

a) Trường hợp 1: D25H12T16

Thay đổi hệ số Chezy trong khoảng cho phép và thay đổi α và β sao cho $\alpha > \beta$. Cụ thể như tại Bảng B.1

Bảng B.1. Các kích bản xác định bộ thông số MHT cho trường hợp D25H12T16

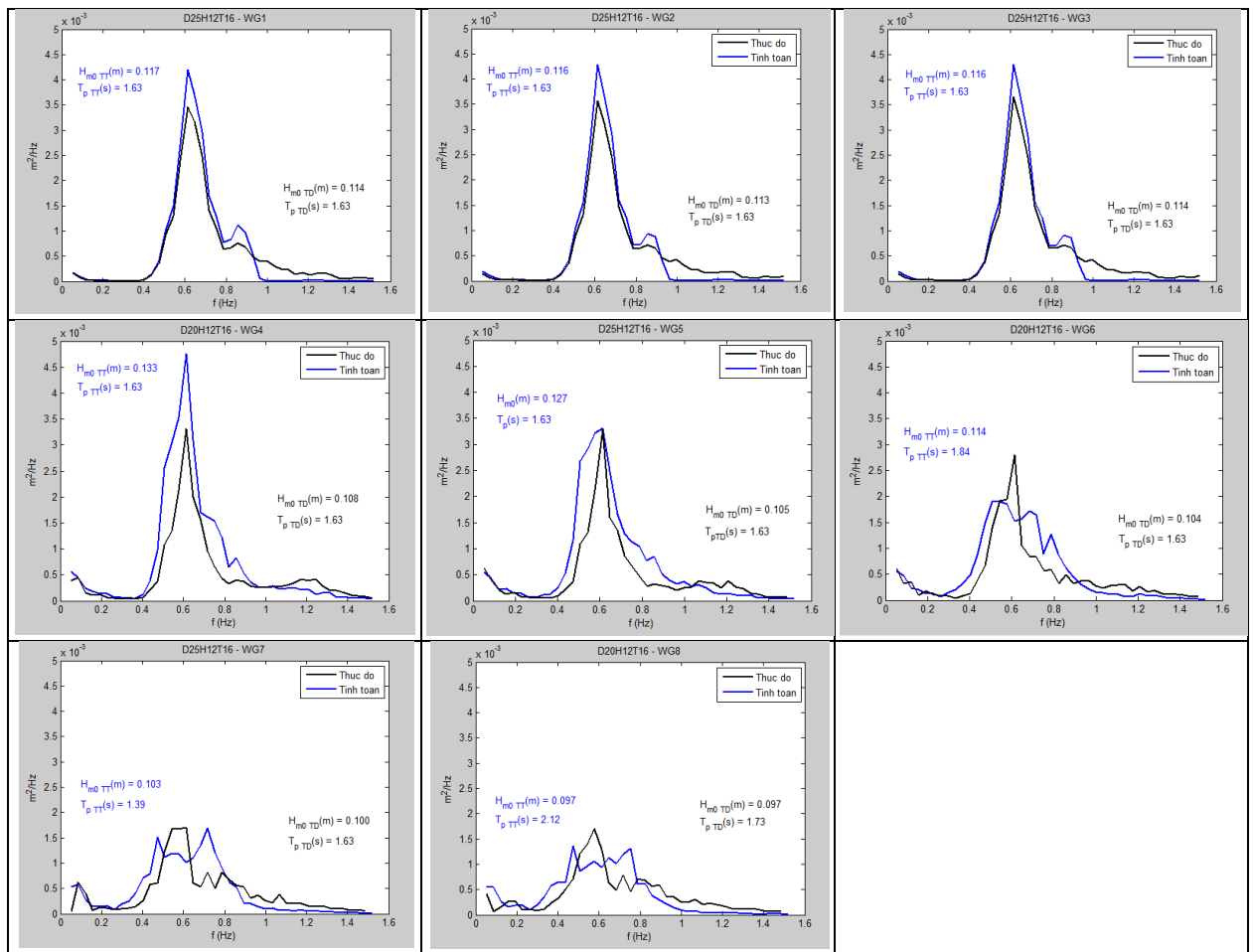
TT	Tên KB	Hệ số Chezy	α	β
1	KB1	50	0,6	0,3
2	KB2	50	0,5	0,3
3	KB3	50	0,4	0,3
4	KB4	50	0,6	0,2
5	KB5	40	0,6	0,3
6	KB6	35	0,6	0,3
7	KB7	35	0,4	0,3

Thời gian (t) tạo sóng ngẫu nhiên mô phỏng trong mô hình là 850 s, bước thời gian tính toán (Δt) 0,02 s. Kết quả tính toán như Hình B.1 và Bảng B.2:

Bảng B.2 - Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D25H12T16

TT đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	Chiều cao sóng H_{m0} tính toán (m)						
		KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7
WG1	0,114	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117
WG2	0,113	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
WG3	0,114	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,115

TT đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	Chiều cao sóng H_{m0} tính toán (m)						
		KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7
WG4	0,108	0,134	0,134	0,133	0,134	0,132	0,13	0,128
WG5	0,105	0,129	0,129	0,127	0,129	0,126	0,124	0,122
WG6	0,104	0,115	0,115	0,114	0,115	0,112	0,11	0,108
WG7	0,100	0,104	0,104	0,103	0,104	0,101	0,098	0,097
WG8	0,097	0,098	0,098	0,097	0,098	0,095	0,093	0,091



Hình B.1. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D25H12T16

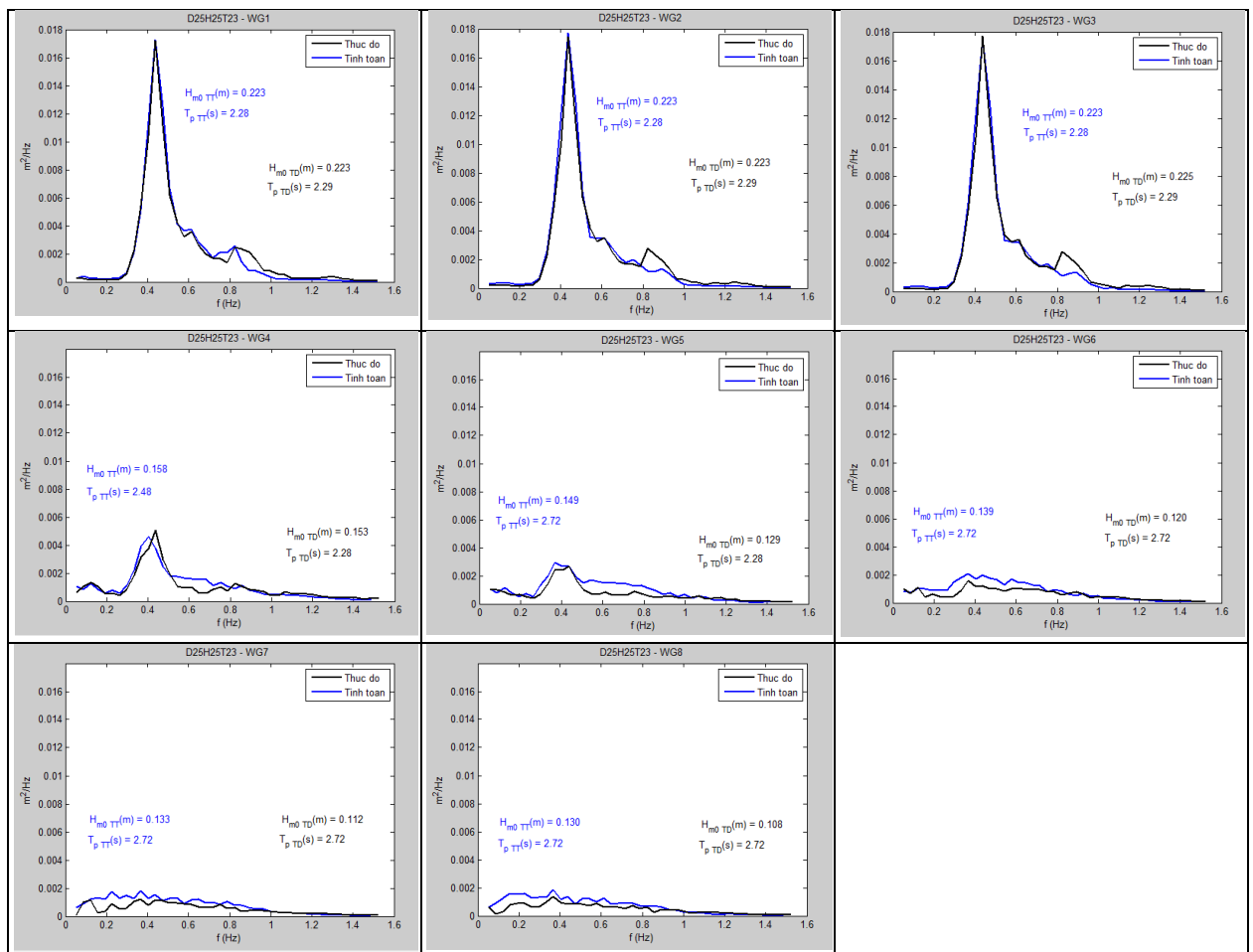
b) Trường hợp 2: D25H25T23

Các thông số đầu vào bao gồm: $C = 50$, $\alpha = 0,4$ và $\beta = 0,3$; $t = 1250$ s, $\Delta t = 0,05$ s. Kết quả như Bảng B.3 và Hình B.2

Bảng B.3. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D25H25T23

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch tương đối giữa MHVL và tính toán (%)
WG1	0,223	0,223	0,00
WG2	0,223	0,223	0,00
WG3	0,225	0,223	0,89
WG4	0,153	0,158	3,27
WG5	0,129	0,149	15,50
WG6	0,120	0,139	15,83
WG7	0,112	0,133	18,75
WG8	0,108	0,130	20,37

Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} giữa tính toán và thực đo trên MHVL ở mỗi đầu đo của trường hợp này được thể hiện ở Hình B.2.



Hình B.2. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D25H25T23

2. Độ sâu nước 0,2 m: Lựa chọn kích bản D20H12T16 và D20H20T21.

a) Trường hợp 1: D20H12T16

Từ kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp độ sâu nước = 0,25m, cho thấy ma sát đáy mà đại diện là hệ số Chezy có ảnh hưởng nhiều nhất, ngoài ra α - ngưỡng giá trị mà tại đó sóng bắt đầu vỡ cũng có ảnh hưởng nhất định đến MH. Do vậy, tiến hành xây dựng các kích bản bằng việc thay đổi hệ số C và α , giữ nguyên hệ số β .

Bảng B.4. Các kích bản xác định bộ thông số MHT cho trường hợp D20H12T16

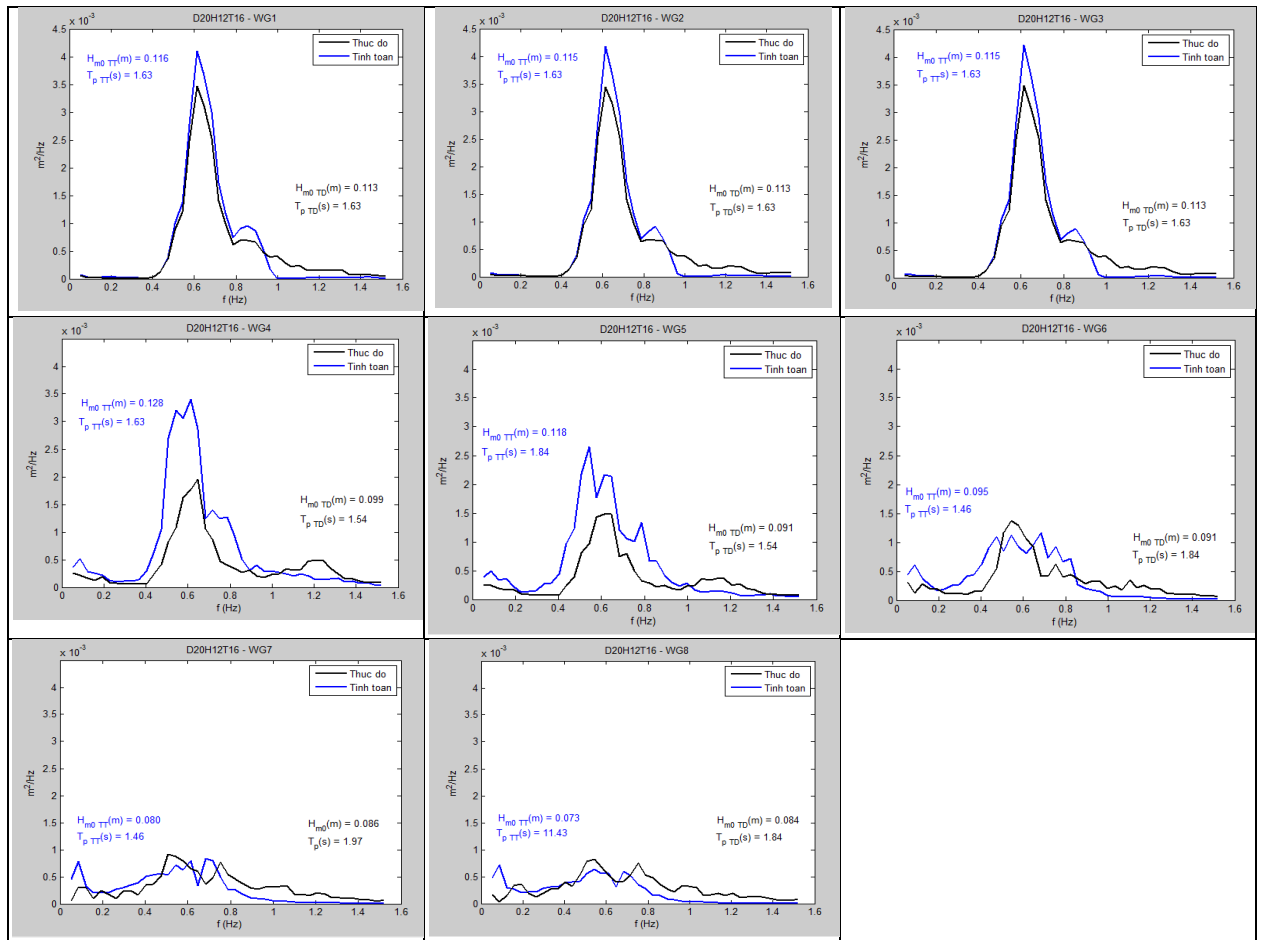
TT	Tên KB	Hệ số C	α	β
2	KB2	48	0,5	0,3
3	KB3	48	0,4	0,3
4	KB4	40	0,6	0,3
5	KB5	33	0,6	0,3

Kết quả của các kích bản được thể hiện trong Bảng B.5 và Hình B.3.

Bảng B.5. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D20H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)				
		KB1	KB2	KB3	KB4	KB5
WG1	0,113	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
WG2	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,114
WG3	0,113	0,115	0,115	0,115	0,114	0,114
WG4	0,099	0,138	0,135	0,128	0,136	0,132
WG5	0,091	0,126	0,123	0,118	0,124	0,120
WG6	0,091	0,102	0,099	0,095	0,100	0,097
WG7	0,086	0,086	0,083	0,080	0,084	0,080
WG8	0,084	0,078	0,076	0,073	0,076	0,073

Từ Bảng B.5 ta thấy ở KB3 có sự tương đồng sóng phổ khá tốt. Hình B.3 thể hiện phổ sóng so sánh giữa tính toán và đo trên MHVL.



Hình B.3. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và NHT - D20H12T16
Sử dụng bộ thông số đã chạy cho KB3 để tính toán cho trường hợp 2 D20H20T21.

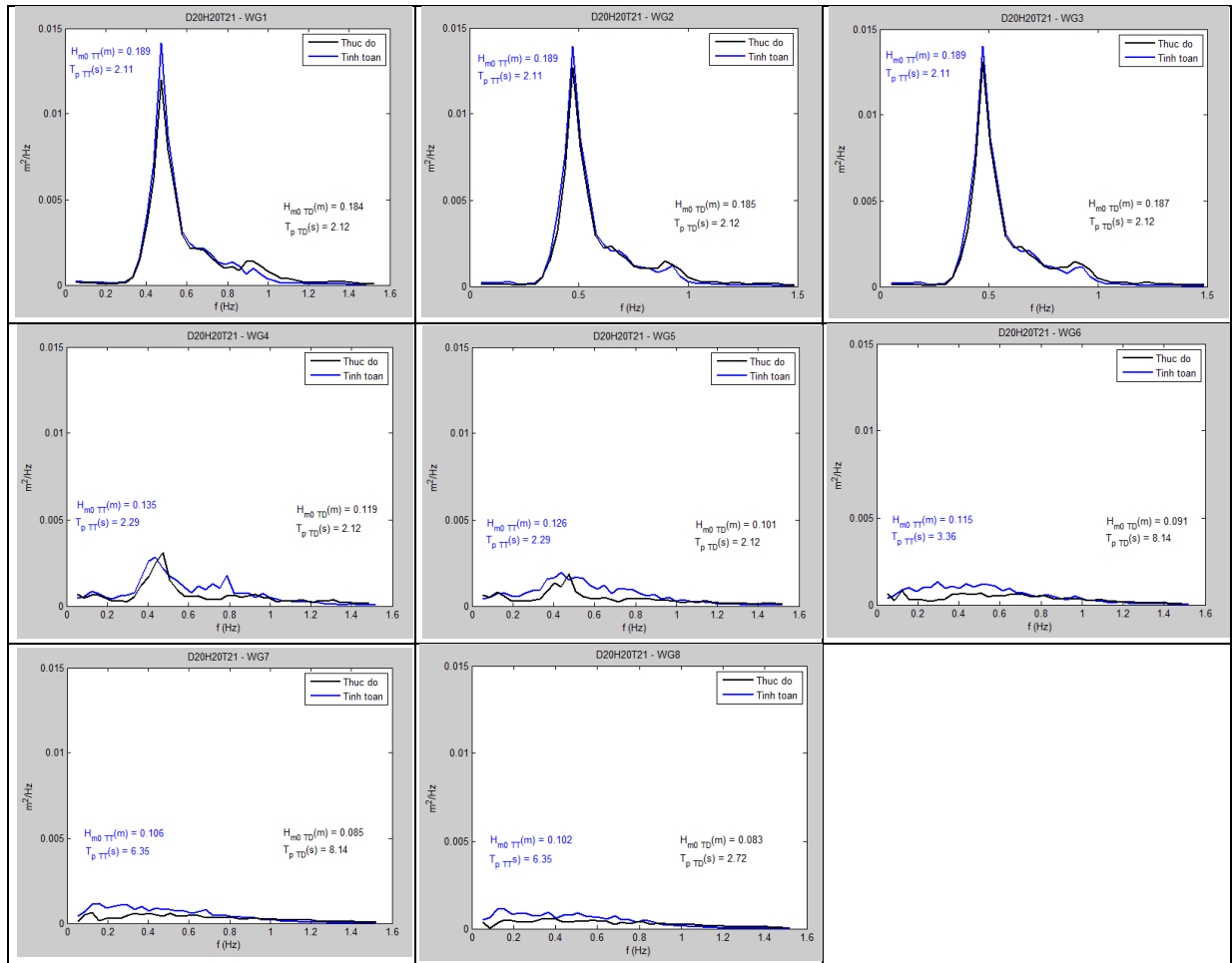
b) Trường hợp 2: D20H20T21

Các thông số đầu vào gồm: hệ số $C = 48$, $\alpha = 0,4$ và $\beta = 0,3$; $t = 1100$ s, $\Delta t = 0,05$ s.
Kết quả như Bảng B.6 và Hình B.4.

Bảng B.6. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D20H20T21

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch giữa tương đối (%)
WG1	0,184	0,189	2,72
WG2	0,185	0,189	2,16
WG3	0,187	0,189	1,07
WG4	0,119	0,135	13,45
WG5	0,100	0,126	26,00

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch giữa tương đối (%)
WG6	0,091	0,115	26,37
WG7	0,085	0,106	24,71
WG8	0,083	0,102	22,89



Hình B.4. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D20H20T21

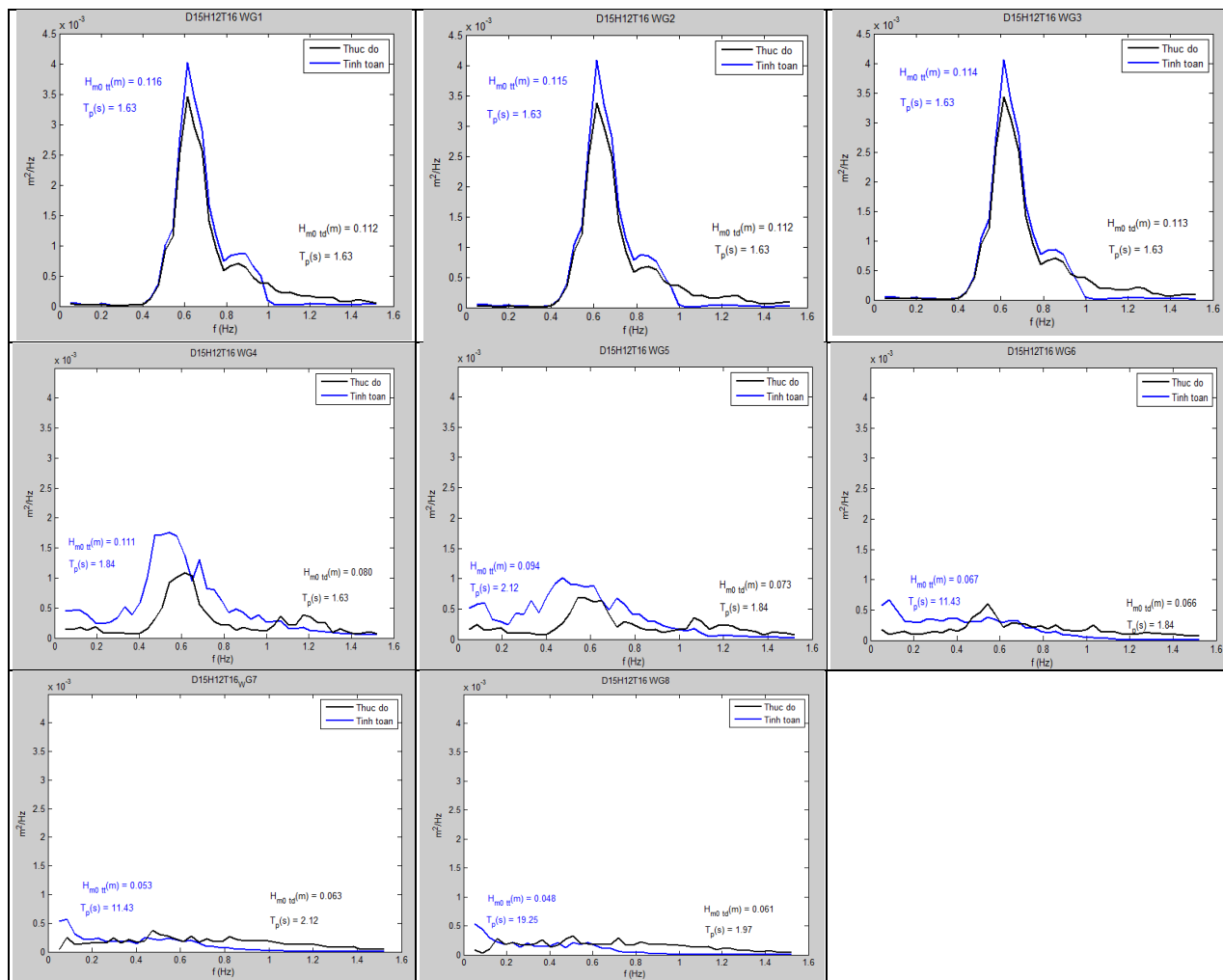
3. Độ sâu nước 0,15 m

a) Trường hợp 1: D15H12T16

Tương tự như trường hợp độ sâu nước 0.25m và 0.2m, thông số MH tính toán trong trường hợp này là: $C = 46$, $\alpha = 0.6$, $\beta = 0.3$; $t = 850s$, $\Delta t = 0.02s$.

Kết quả tính toán như tại Bảng B.7 và Hình B.5. H_{m0} tính toán tại các đầu đo ở cuối máng sóng đã có dấu hiệu suy giảm so với số liệu trên MHVL. Nếu tiếp tục giảm C

và α thì H_{m0} sẽ giảm khá xa so với số liệu trên MHVL. Vì vậy, trong trường hợp này, ta chỉ tính toán mô hình 1 lần với bộ thông số đã kể trên.



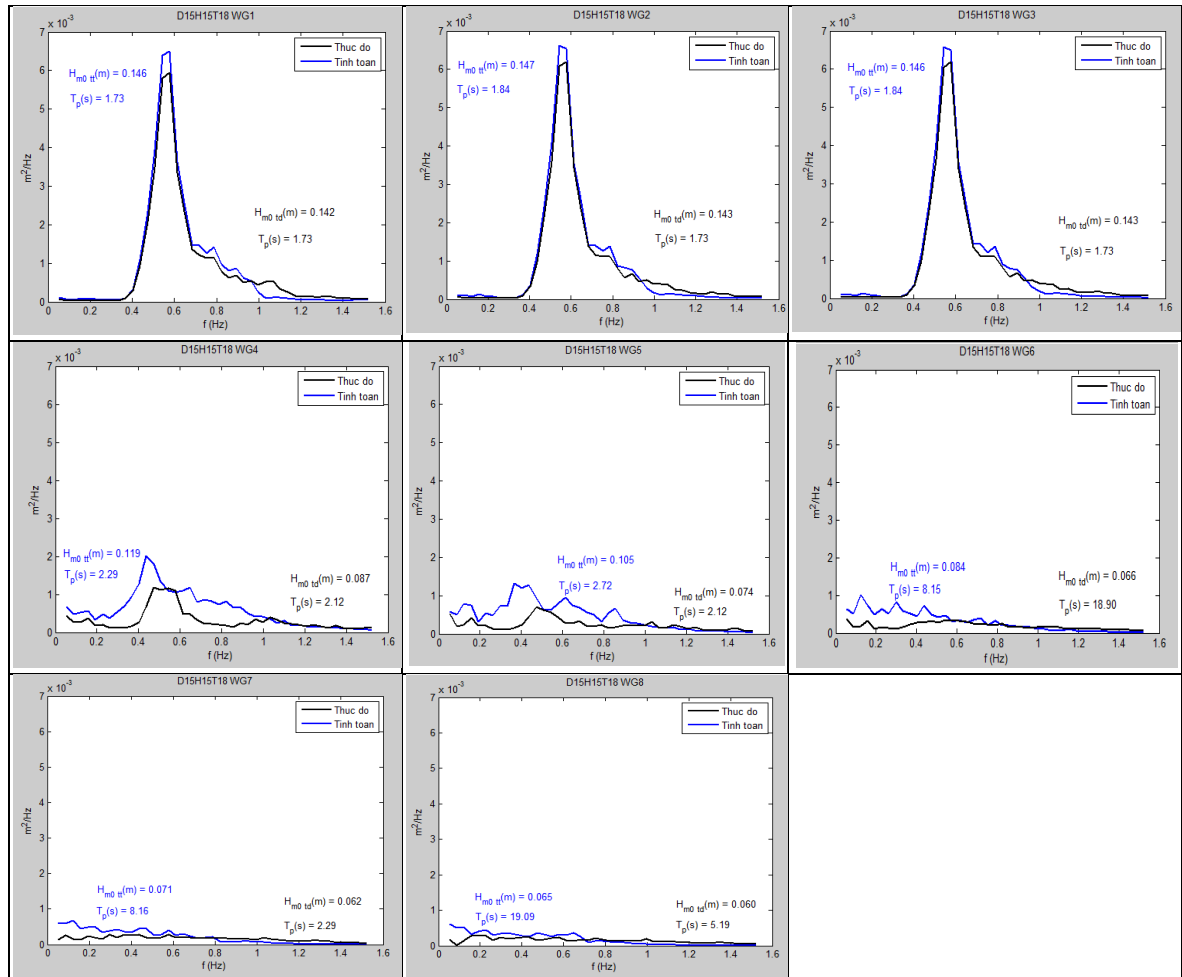
Hình B.5. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D15H12T16

Bảng B.7. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D15H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch giữa tương đối (%)
WG1	0,112	0,116	3,57
WG2	0,112	0,115	2,68
WG3	0,113	0,114	0,88
WG4	0,080	0,111	38,75
WG5	0,073	0,094	28,77
WG6	0,066	0,067	1,52
WG7	0,063	0,053	15,87
WG8	0,061	0,048	21,31

b) Trường hợp 2: D15H15T18

Dùng bộ thông số đã xác định cho trường hợp D15H12T16 ở trên để tiếp tục tính toán cho trường hợp D15H15T18. $t = 950$ s, $\Delta t = 0,02$ s. Kết quả xác định bộ thông số MHT như Hình B.6 và Bảng B.8:



Hình B.6. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D15H15T18

Bảng B.8. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D15H15T18

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch giữa tương đối (%)
WG1	0,142	0,146	3,52
WG2	0,142	0,147	3,52
WG3	0,143	0,146	2,10
WG4	0,087	0,119	36,78
WG5	0,074	0,105	41,89

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch giữa tương đối (%)
WG6	0,066	0,084	27,27
WG7	0,062	0,071	12,90
WG8	0,060	0,065	8,33

4. Độ sâu nước 0,1 m

a) Trường hợp 1: D10H08T16

Tương tự như trường hợp độ sâu nước 0,15 m, ở trường hợp độ sâu nước tương đối thấp 0,1 m, ta kiểm tra mô hình với bộ thông số như sau:

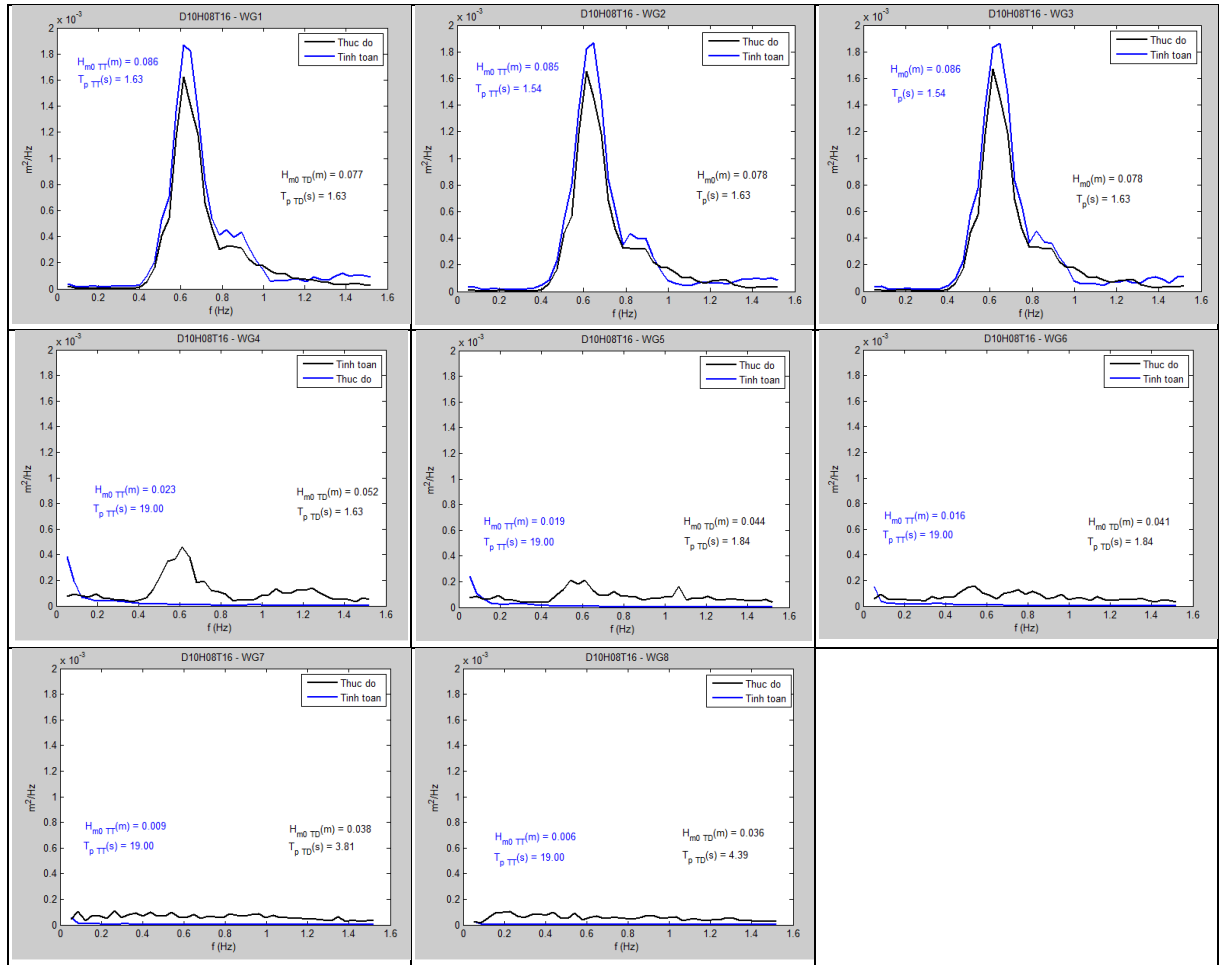
Bảng B.9. Các kịch bản xác định bộ thông số MHT cho trường hợp D20H12T16

Tên KB	Hệ số C	α	β	Tên KB	Hệ số C	α	β
KB1	43	0,6	0,3	KB3	43	0,8	0,3
KB2	43	0,7	0,3	KB4	50	0,6	0,3

Thời gian (t) tạo sóng ngẫu nhiên mô phỏng trong mô hình là 850 s, bước thời gian tính toán (Δt) 0.02 s. Kết quả tính toán như ở Bảng B.10.

Bảng B.10. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D10H08T16

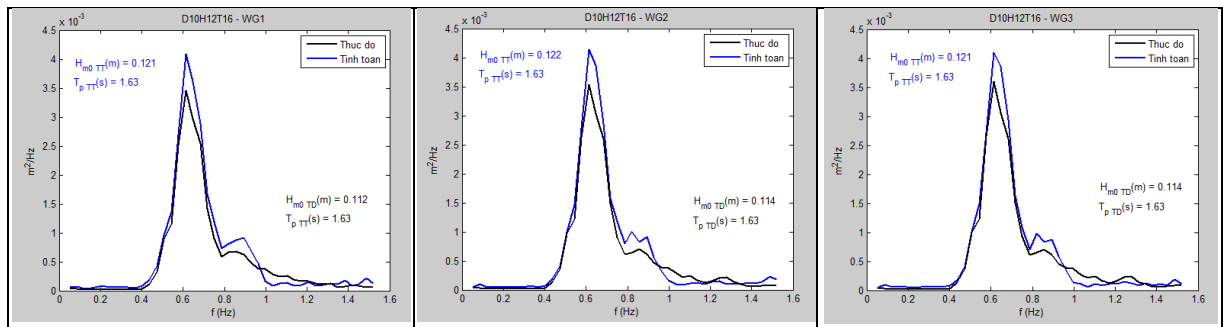
Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		KB1	KB2	KB3	KB4
WG1	0,077	0,087	0,084	0,086	0,087
WG2	0,078	0,085	0,086	0,085	0,085
WG3	0,078	0,085	0,084	0,086	0,087
WG4	0,052	0,021	0,021	0,023	0,019
WG5	0,044	0,016	0,017	0,019	0,015
WG6	0,041	0,013	0,013	0,016	0,011
WG7	0,038	0,008	0,009	0,009	0,01
WG8	0,036	0,007	0,007	0,006	0,006

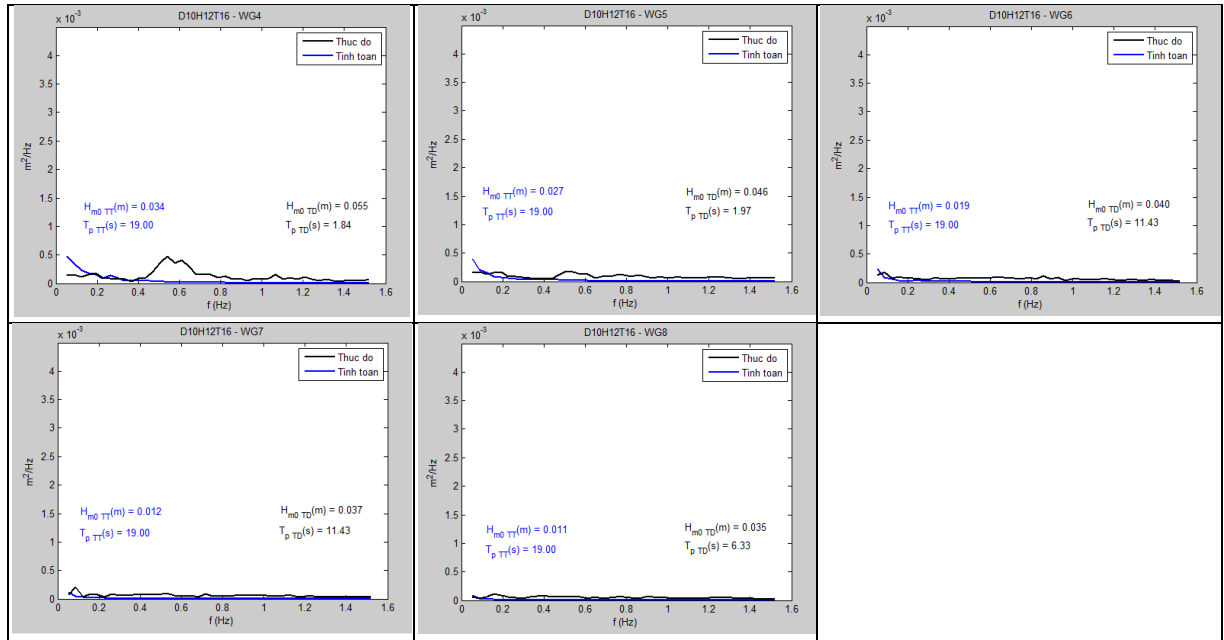


Hình B.7. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và NHT - D10H08T16

b) Trường hợp 2: D10H12T16

Sử dụng bộ thông số đã xác định ở trường hợp D10H08T16 để tính toán, trong đó: $t = 850$ s, $\Delta t = 0.02$ s. Kết quả như Bảng B.11 và Hình B.8:





Hình B.8. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D10H12T16

Bảng B.11. Kết quả xác định bộ thông số MHT trường hợp D10H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)	Chênh lệch giữa tương đối (%)
WG1	0,112	0,121	8,04
WG2	0,114	0,122	7,02
WG3	0,114	0,121	6,14
WG4	0,055	0,034	38,18
WG5	0,046	0,027	41,30
WG6	0,040	0,019	52,50
WG7	0,037	0,012	67,57
WG8	0,035	0,011	68,57

Từ kết quả tính toán, so sánh chiều cao sóng (sau RNM) tính toán và thực đo trên MHVL trong trường hợp bãi không có RNM, xác định được bộ thông số mô hình phù hợp để tính toán cho trường hợp có cây ở bước tiếp theo. Bảng B.12 tổng hợp bộ thông số phù hợp nhất của mô hình.

Bảng B.12. Bộ thông số mô hình dùng để tính toán cho trường hợp có RNM

Độ sâu nước	Hệ số C	Hệ số α	Hệ số β
0.10	43	0,8	0,3
0.15	46	0,6	0,3
0.20	48	0,5	0,3
0.25	50	0,4	0,3

B2. Kết quả tính toán, hiệu chỉnh mô hình xác định hệ số cản C_D khi sóng lan truyền qua bãi có RNM

B2.1. Trường hợp mật độ $N_1 = 85$ cây/m²

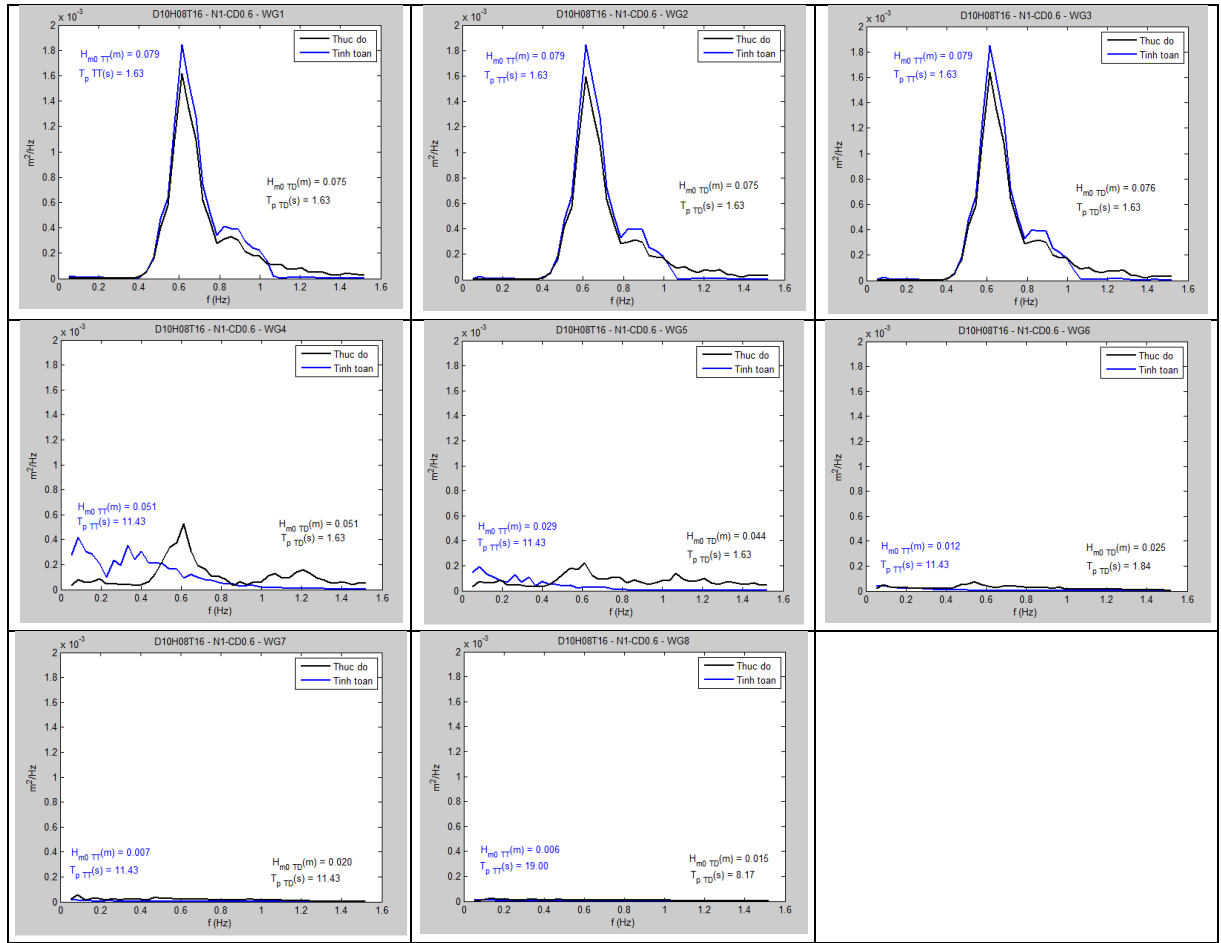
1. Độ sâu nước bằng 0,1 m

a) Trường hợp D10H08T16

Bảng B.13. Kết quả tính toán cho trường hợp D10H08T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		CD1,1	CD0,9	CD0,6	CD0,3
WG1	0,075	0,079	0,079	0,079	0,079
WG2	0,075	0,078	0,078	0,079	0,078
WG3	0,076	0,078	0,078	0,079	0,079
WG4	0,051	0,063	0,059	0,051	0,033
WG5	0,044	0,032	0,031	0,029	0,021
WG6	0,025	0,012	0,012	0,012	0,011
WG7	0,02	0,006	0,006	0,007	0,007
WG8	0,015	0,005	0,005	0,006	0,006

Chọn kích bản 3, ứng với hệ số cản $C_D = 0.6$



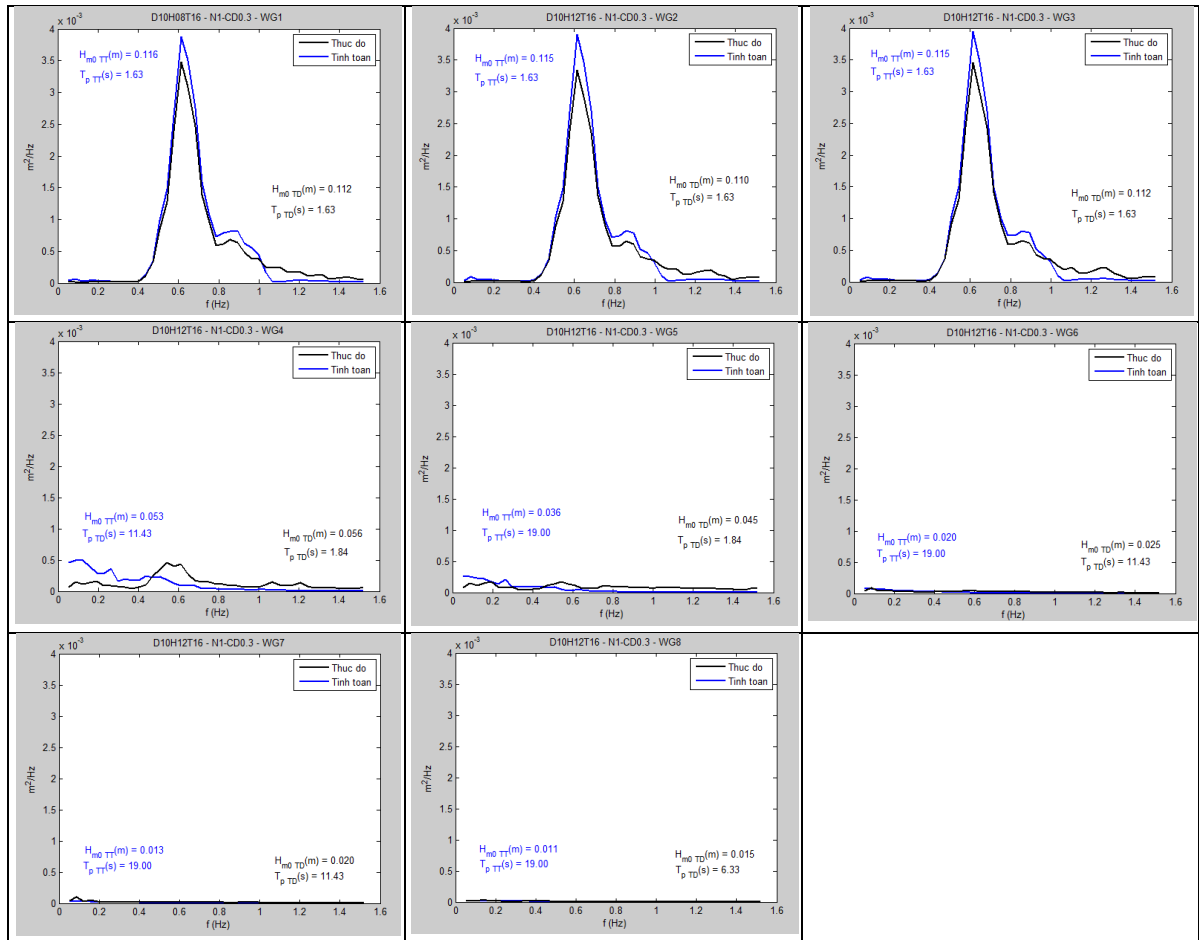
Hình B.9. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D10H08T16

b) Trường hợp D10H12T16

Bảng B.14. Kết quả các kịch bản tính toán cho trường hợp D10H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		CD1,1	CD0,9	CD0,6	CD0,3
WG1	0,112	0,116	0,116	0,116	0,116
WG2	0,11	0,115	0,115	0,115	0,115
WG3	0,111	0,115	0,115	0,115	0,115
WG4	0,056	0,069	0,067	0,062	0,053
WG5	0,045	0,038	0,039	0,038	0,036
WG6	0,025	0,015	0,017	0,018	0,02
WG7	0,02	0,008	0,009	0,01	0,013
WG8	0,015	0,006	0,007	0,008	0,011

Chọn kích bản 4, ứng với hệ số cản $C_D = 0.3$



Hình B.10. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D10H12T16

2. Độ sâu nước bằng 0,15 m

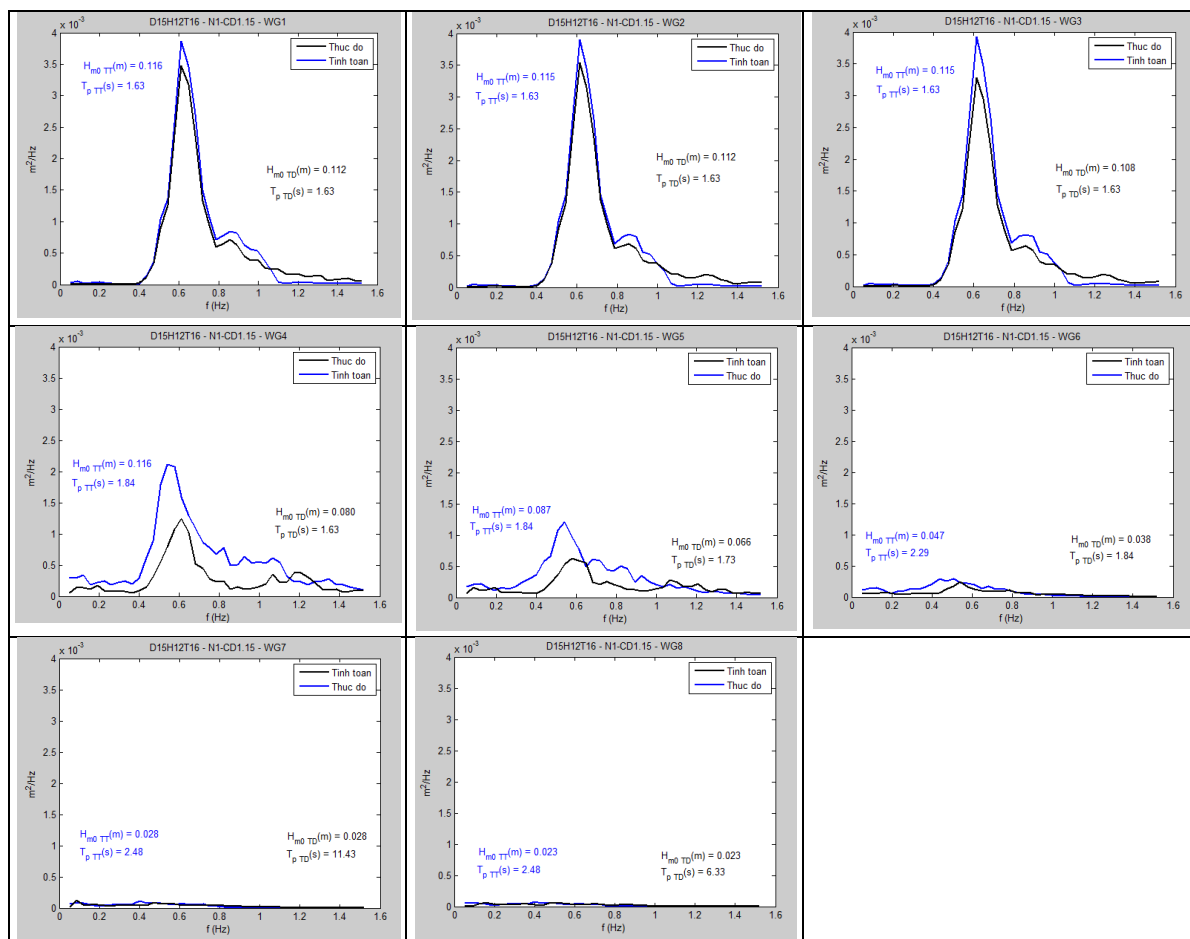
a) Trường hợp D15H12T16

Bảng B.15. Kết quả các kích bản tính toán cho trường hợp D15H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,1	CD1,15	CD1,2
WG1	0,112	0,116	0,116	0,116
WG2	0,112	0,115	0,115	0,115
WG3	0,108	0,115	0,115	0,115
WG4	0,08	0,116	0,116	0,116
WG5	0,066	0,088	0,087	0,087
WG6	0,038	0,047	0,047	0,046

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,1	CD1,15	CD1,2
WG7	0,028	0,029	0,028	0,028
WG8	0,023	0,024	0,023	0,023

Chọn kích bản 2, ứng với hệ số cản $C_D = 1.15$



Hình B.11. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D15H12T16

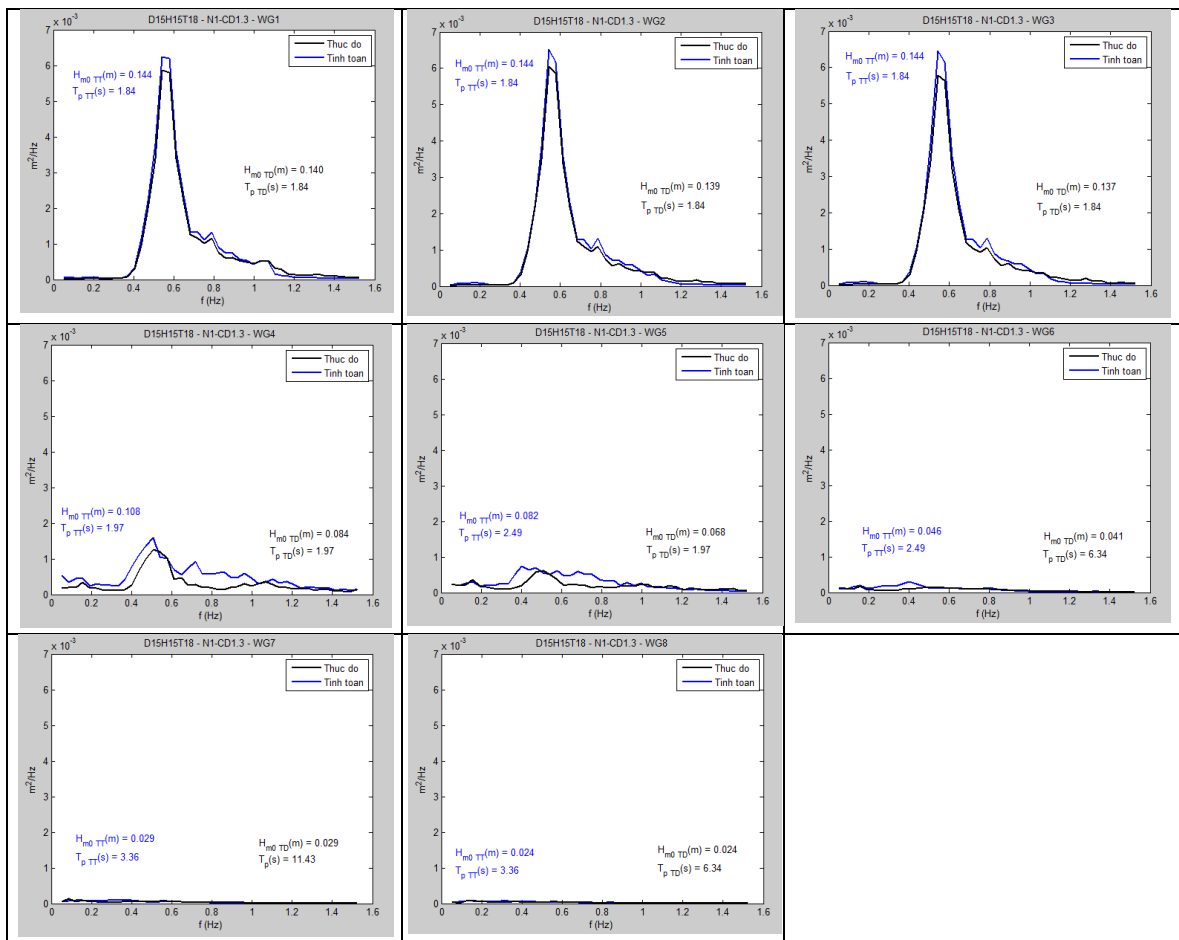
b) Trường hợp D15H15T18

Bảng B.16. Kết quả tính toán cho kích bản D15H15T18

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		CD1,15	CD1,2	CD1,3	CD1,35
WG1	0,14	0,144	0,144	0,144	0,144
WG2	0,14	0,143	0,144	0,144	0,143

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		CD1,15	CD1,2	CD1,3	CD1,35
WG3	0,137	0,144	0,144	0,144	0,143
WG4	0,084	0,11	0,109	0,108	0,107
WG5	0,068	0,084	0,084	0,082	0,081
WG6	0,041	0,048	0,048	0,046	0,045
WG7	0,029	0,03	0,03	0,029	0,028
WG8	0,024	0,025	0,025	0,024	0,023

Chọn kích bản 3, ứng với hệ số cản $C_D = 1.3$



Hình B.12. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D15H15T18

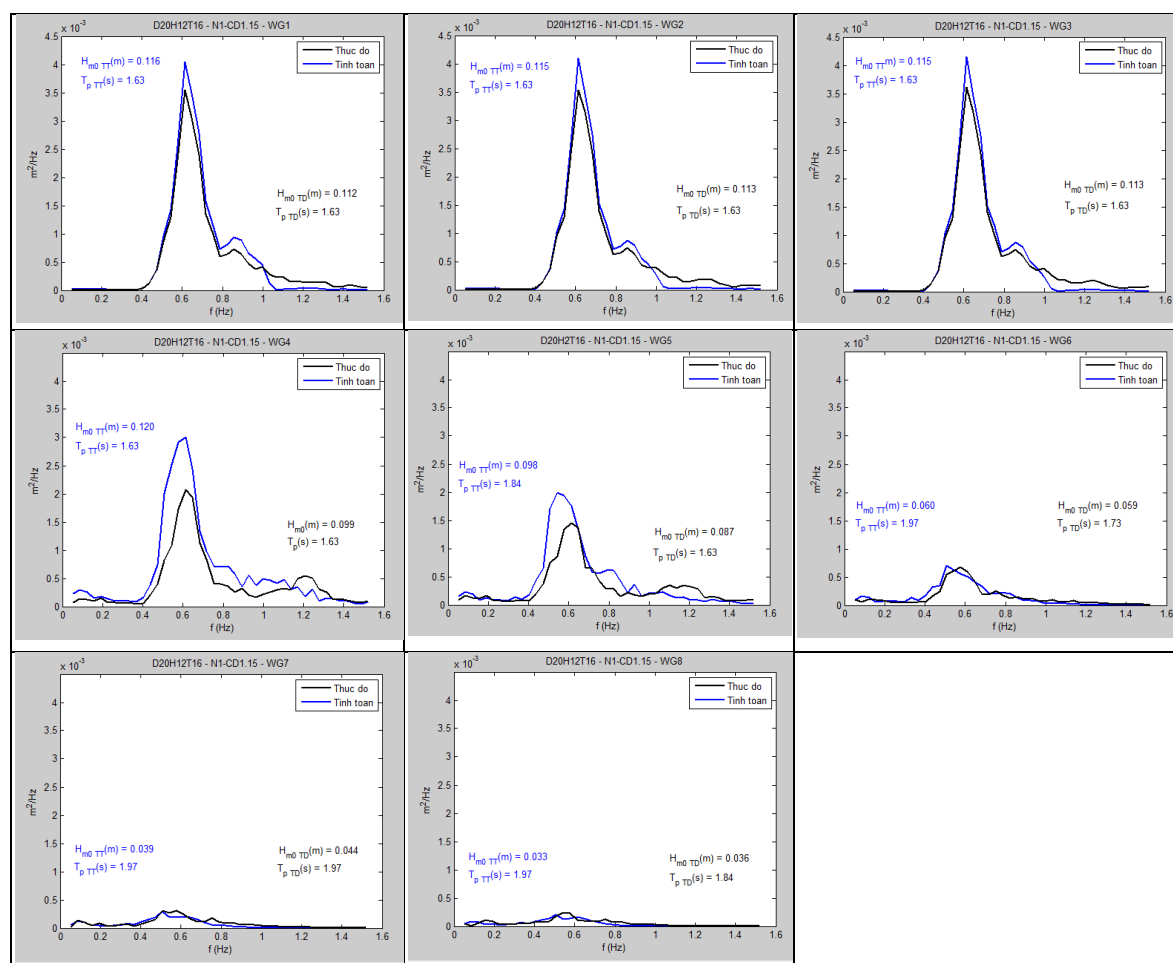
3. Độ sâu nước bằng 0.2 m

a) Trường hợp D20H12T16

Bảng B.17. Kết quả tính toán cho trường hợp D20H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,1	CD1,15	CD1,2
WG1	0,112	0,116	0,116	0,116
WG2	0,113	0,115	0,115	0,115
WG3	0,113	0,115	0,115	0,115
WG4	0,099	0,12	0,12	0,119
WG5	0,087	0,099	0,098	0,098
WG6	0,059	0,061	0,06	0,059
WG7	0,044	0,039	0,039	0,038
WG8	0,036	0,033	0,033	0,032

Chọn kích bản 2 ứng với hệ số cản của cây $C_D = 1.15$



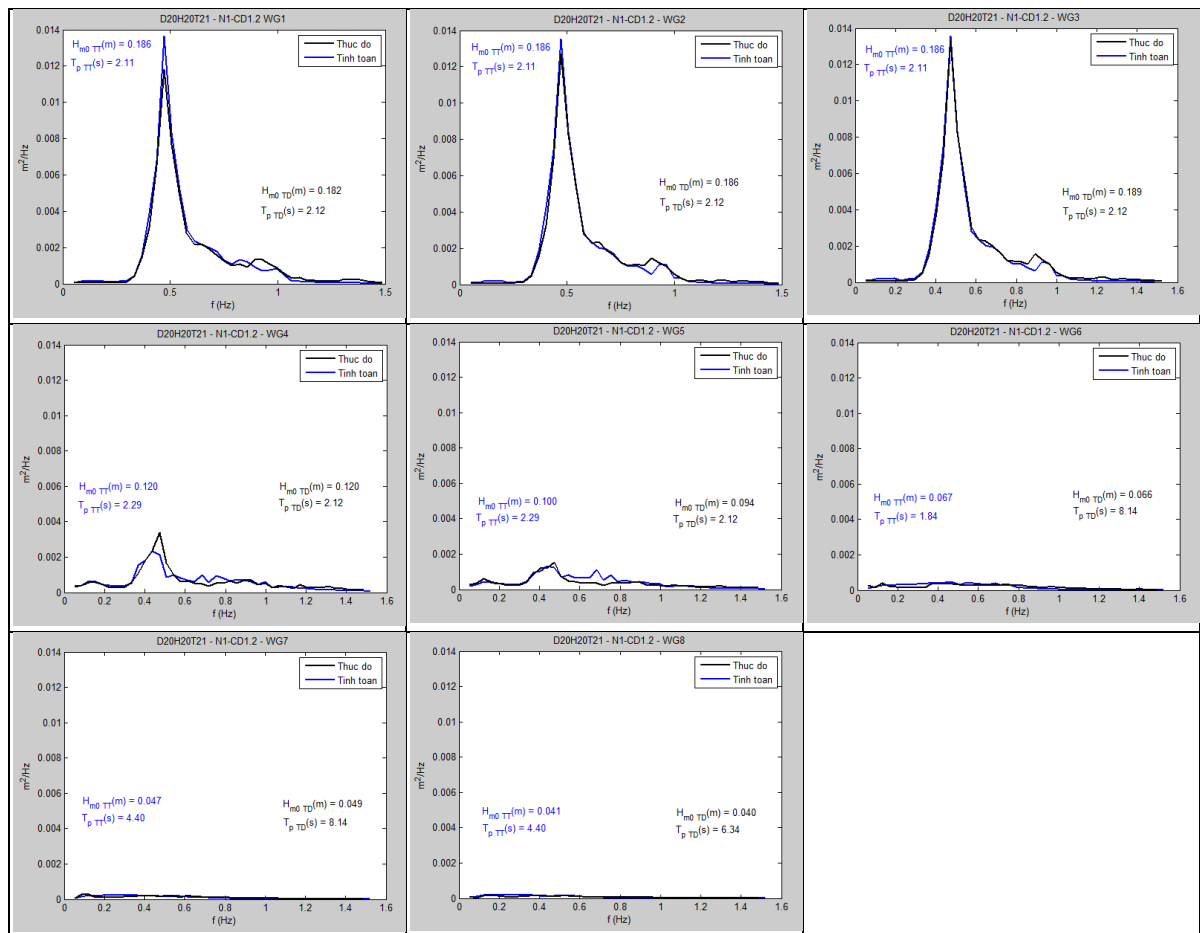
Hình B.13. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D20H12T16

b) Trường hợp D20H20T21

Bảng B.18. Kết quả tính toán cho trường hợp D20H20T21

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,1	CD1,2	CD1,35
WG1	0,182	0,186	0,186	0,186
WG2	0,186	0,186	0,186	0,186
WG3	0,189	0,187	0,186	0,187
WG4	0,12	0,120	0,12	0,119
WG5	0,094	0,101	0,10	0,098
WG6	0,066	0,069	0,067	0,064
WG7	0,049	0,049	0,047	0,044
WG8	0,04	0,043	0,041	0,039

Chọn kích bản 4, ứng với hệ số cản của cây $C_D = 1.2$



Hình B.14. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D20H20T21

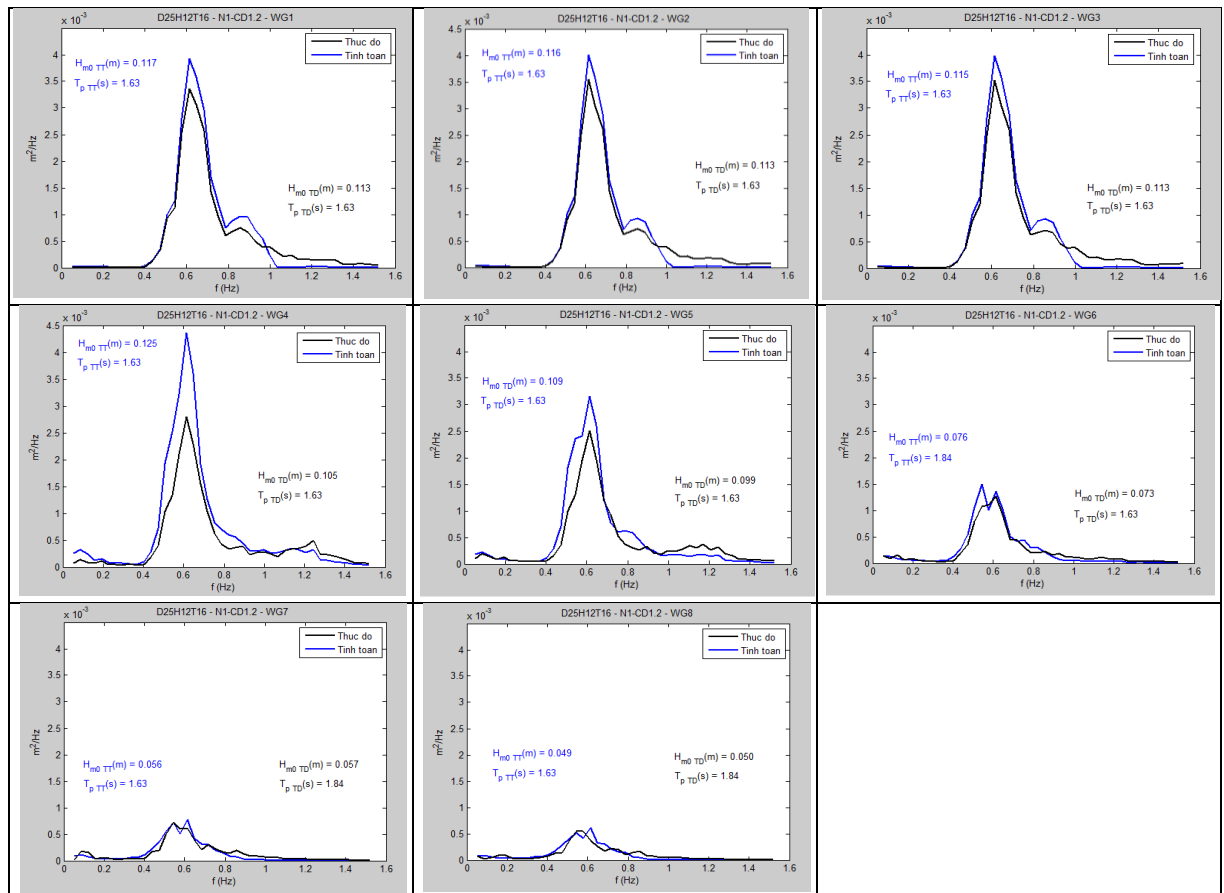
3. Độ sâu nước 0,25 m

a) Trường hợp D25H12T16

Bảng B.19. Kết quả tính toán cho trường hợp D25H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,1	CD1,15	CD1,2
WG1	0,113	0,117	0,117	0,117
WG2	0,113	0,115	0,116	0,116
WG3	0,113	0,115	0,115	0,115
WG4	0,105	0,126	0,125	0,125
WG5	0,099	0,11	0,108	0,109
WG6	0,073	0,078	0,074	0,076
WG7	0,057	0,058	0,054	0,056
WG8	0,05	0,051	0,048	0,049

Chọn kích bản 3 với hệ số cản của cây $C_D = 1,2$



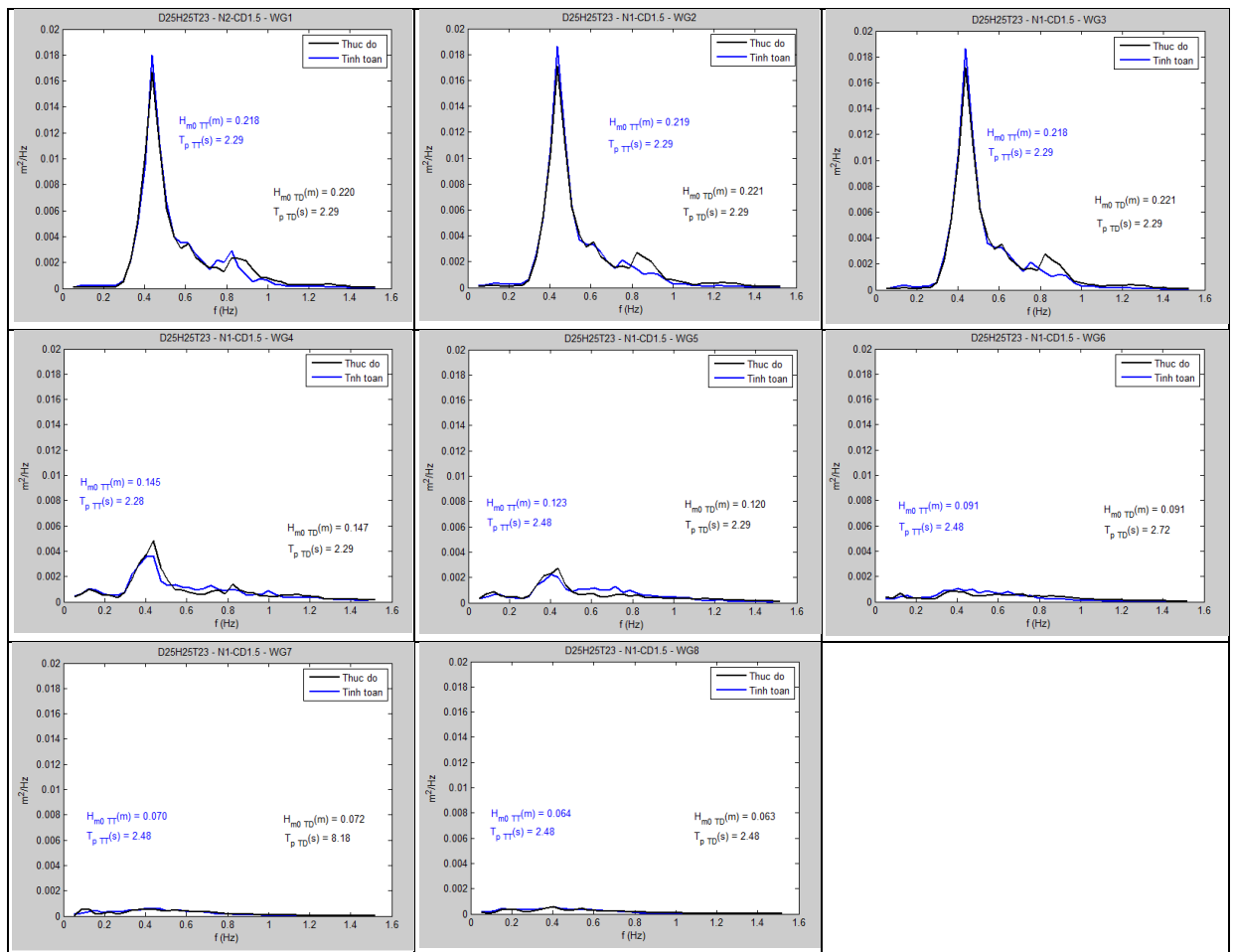
Hình B.15. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D25H12T16

b) Trường hợp D25H25T23

Bảng B.20. Kết quả tính toán cho trường hợp D25H25T23

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		CD1,2	CD1,3	CD1,4,5	CD1,5
WG1	0,220	0,219	0,219	0,218	0,218
WG2	0,221	0,218	0,219	0,219	0,219
WG3	0,221	0,219	0,219	0,218	0,218
WG4	0,147	0,146	0,145	0,145	0,145
WG5	0,120	0,126	0,125	0,124	0,123
WG6	0,091	0,096	0,094	0,092	0,091
WG7	0,072	0,076	0,074	0,071	0,07
WG8	0,063	0,07	0,068	0,065	0,064

Chọn kích bản 4, ứng với hệ số cản của cây $C_D = 1,5$



Hình B.16. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D25H25T23

B2.2 Trường hợp mật độ $N_2 = 60 \text{ cây/m}^2$

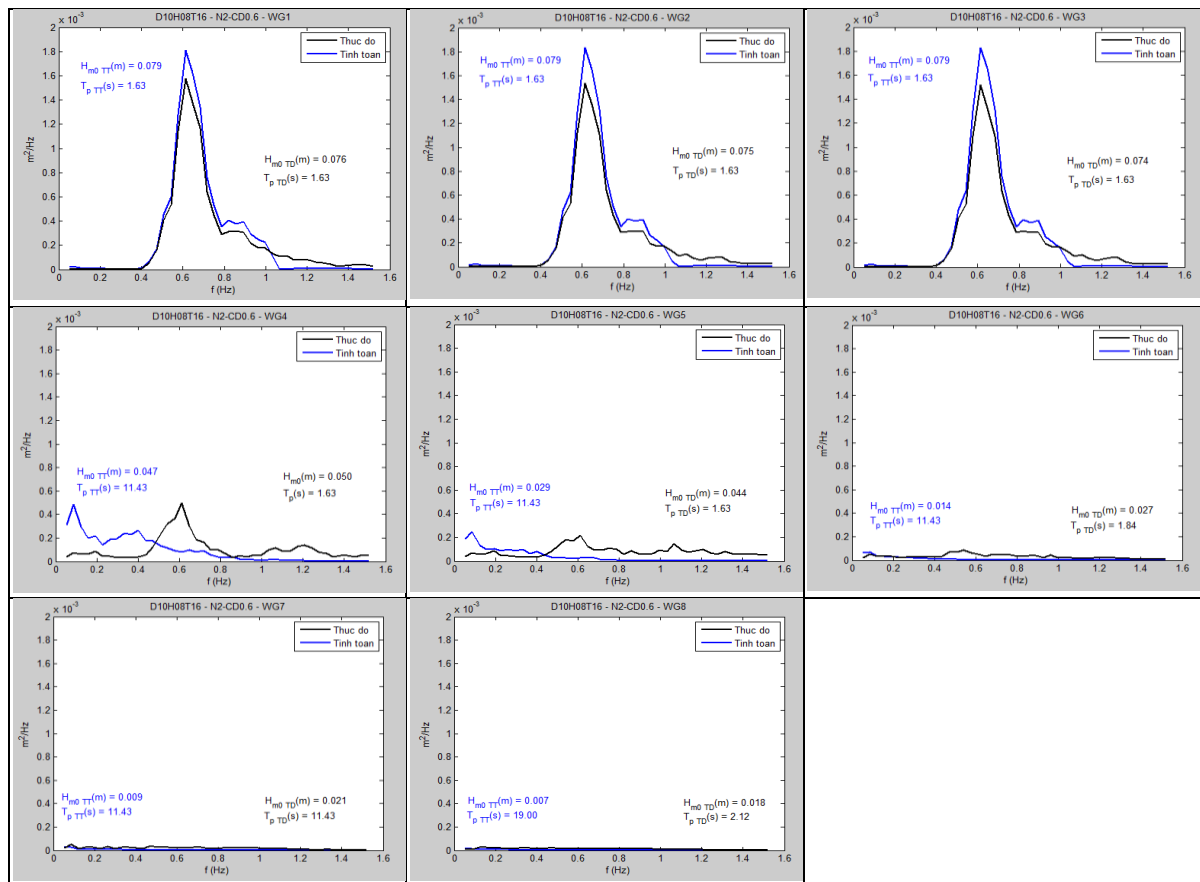
1. Độ sâu nước bằng 0,1 m

a) Trường hợp D10H08T16

Bảng B.21. Kết quả tính toán cho trường hợp D10H08T16

Đầu đo	H_{m0} MHLV (m)	H_{m0} tính toán (m)			
		CD0,6	CD0,3	$\Delta 1$	$\Delta 2$
WG1	0,076	0,079	0,080	3,95	5,26
WG2	0,075	0,079	0,080	5,33	6,67
WG3	0,074	0,079	0,079	6,76	6,76
WG4	0,050	0,047	0,026	6,00	48,00
WG5	0,044	0,029	0,017	34,09	61,36
WG6	0,027	0,014	0,007	48,15	74,07
WG7	0,021	0,009	0,005	57,14	76,19
WG8	0,018	0,007	0,004	61,11	77,78

Chọn kích bản 1, ứng với hệ số cản $C_D = 0,6$



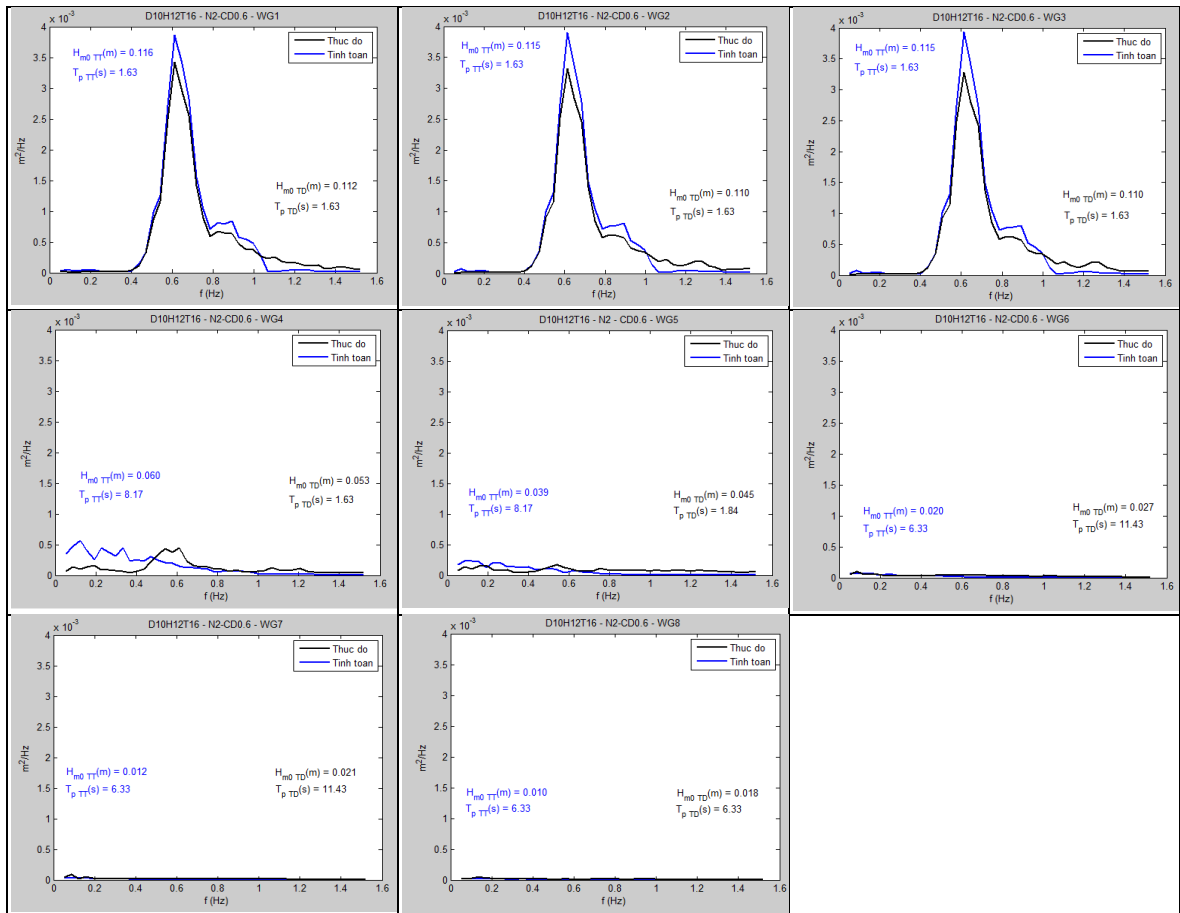
Hình B.17. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHLV và MHT - D10H08T16

b) Trường D10H12T16

Bảng B.22. Kết quả các kịch bản tính toán cho trường hợp D10H12T16

Đầu đo	Hm0 MHLV (m)	Hm0 tính toán (m)	
		CD0,6	CD0,3
WG1	0,112	0,116	0,116
WG2	0,11	0,115	0,116
WG3	0,11	0,115	0,115
WG4	0,053	0,06	0,035
WG5	0,045	0,039	0,023
WG6	0,027	0,02	0,011
WG7	0,021	0,012	0,007
WG8	0,018	0,01	0,006

Chọn kịch bản 1, ứng với hệ số cản $C_D = 0,6$



Hình B,18, Tương quan chiều cao sóng phổ Hm0 trên MHLV và MHT - D10H12T16

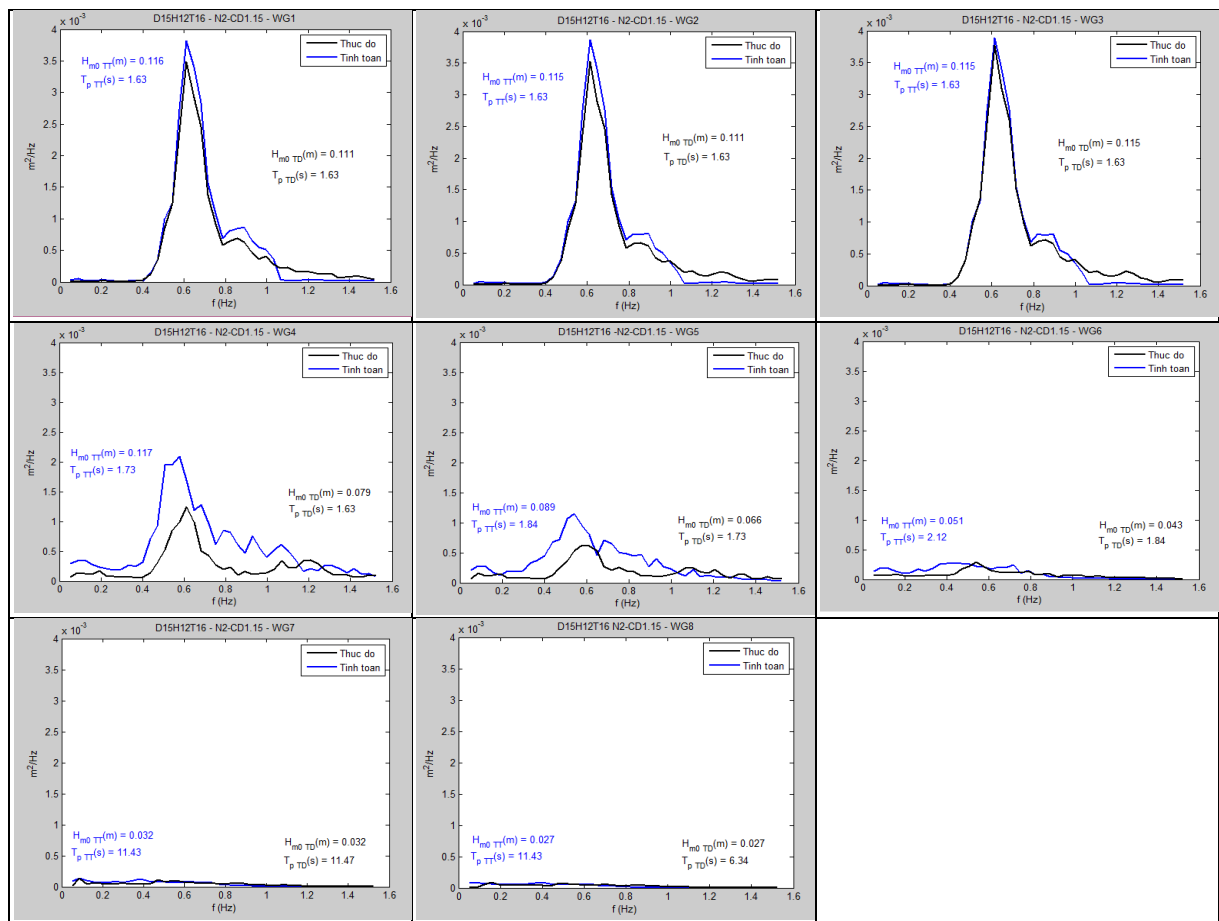
2. Độ sâu nước bằng 0,15 m

a) Trường hợp D15H12T16

Bảng B.23. Kết quả các kịch bản tính toán cho trường hợp D15H12T16

Đầu đo	Hm0 MHLV (m)	Hm0 tính toán (m)	
		CD1,15	CD1,2
WG1	0,111	0,115	0,116
WG2	0,111	0,114	0,114
WG3	0,115	0,114	0,114
WG4	0,079	0,117	0,116
WG5	0,066	0,089	0,089
WG6	0,043	0,051	0,05
WG7	0,032	0,032	0,031
WG8	0,027	0,027	0,026

Chọn kịch bản 1, ứng với hệ số cản $C_D = 1,15$



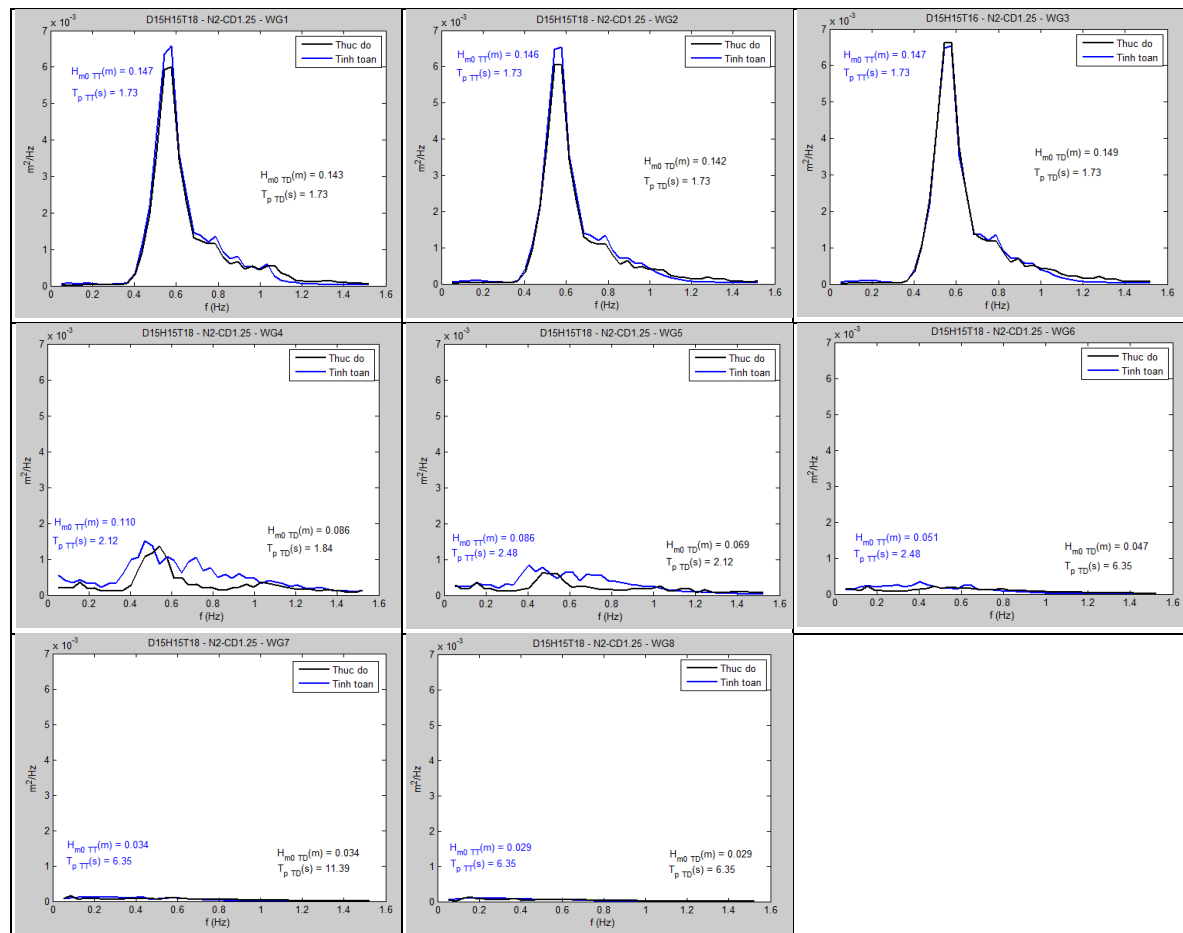
Hình B.19. Tương quan chiều cao sóng phổ Hm0 trên MHLV và MHT - D15H12T18

b) Trường hợp D15H15T18

Bảng B.24. Kết quả tính toán cho kích bản D15H15T18

Đầu đo	Hm0 MHVL (m)	Hm0 tính toán (m)	
		CD1,25	CD1,3
WG1	0,143	0,147	0,147
WG2	0,142	0,146	0,146
WG3	0,149	0,147	0,146
WG4	0,086	0,11	0,109
WG5	0,069	0,086	0,085
WG6	0,047	0,051	0,051
WG7	0,034	0,034	0,033
WG8	0,029	0,029	0,028

Chọn kích bản 1, ứng với hệ số cản $C_D = 1,25$



Hình B.20. Tương quan chiều cao sóng phổ Hm0 trên MHVL và MHT - D15H15T18

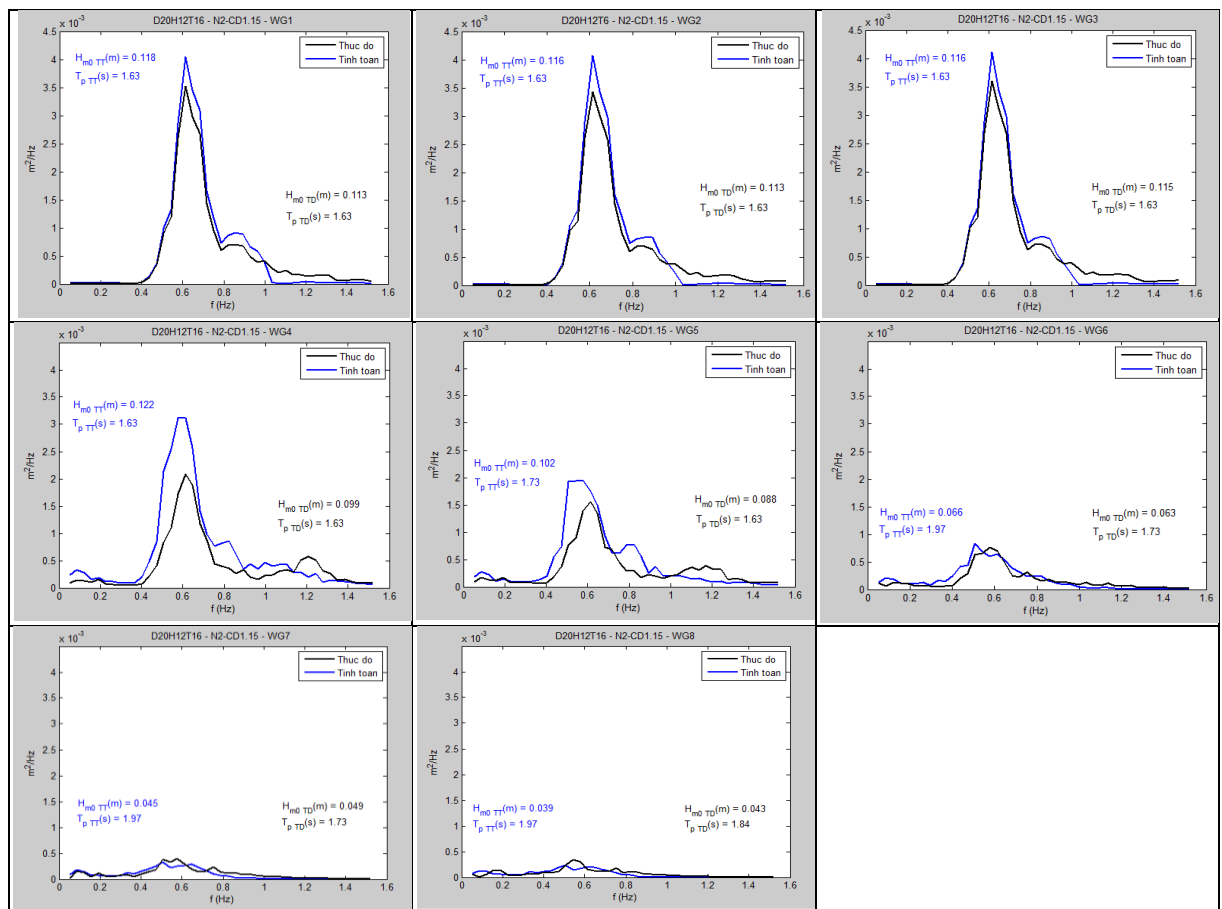
3. Độ sâu nước bằng 0,2 m

a) Trường hợp D20H12T16

Bảng B.25. Kết quả tính toán cho trường hợp D20H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHLV (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,0	CD1,1	CD1,15
WG1	0,113	0,118	0,118	0,118
WG2	0,113	0,116	0,116	0,116
WG3	0,115	0,116	0,116	0,116
WG4	0,099	0,123	0,123	0,122
WG5	0,088	0,103	0,103	0,102
WG6	0,063	0,068	0,067	0,066
WG7	0,049	0,047	0,046	0,045
WG8	0,043	0,041	0,039	0,039

Chọn kích bản 3 ứng với hệ số cản của cây $C_D = 1,15$



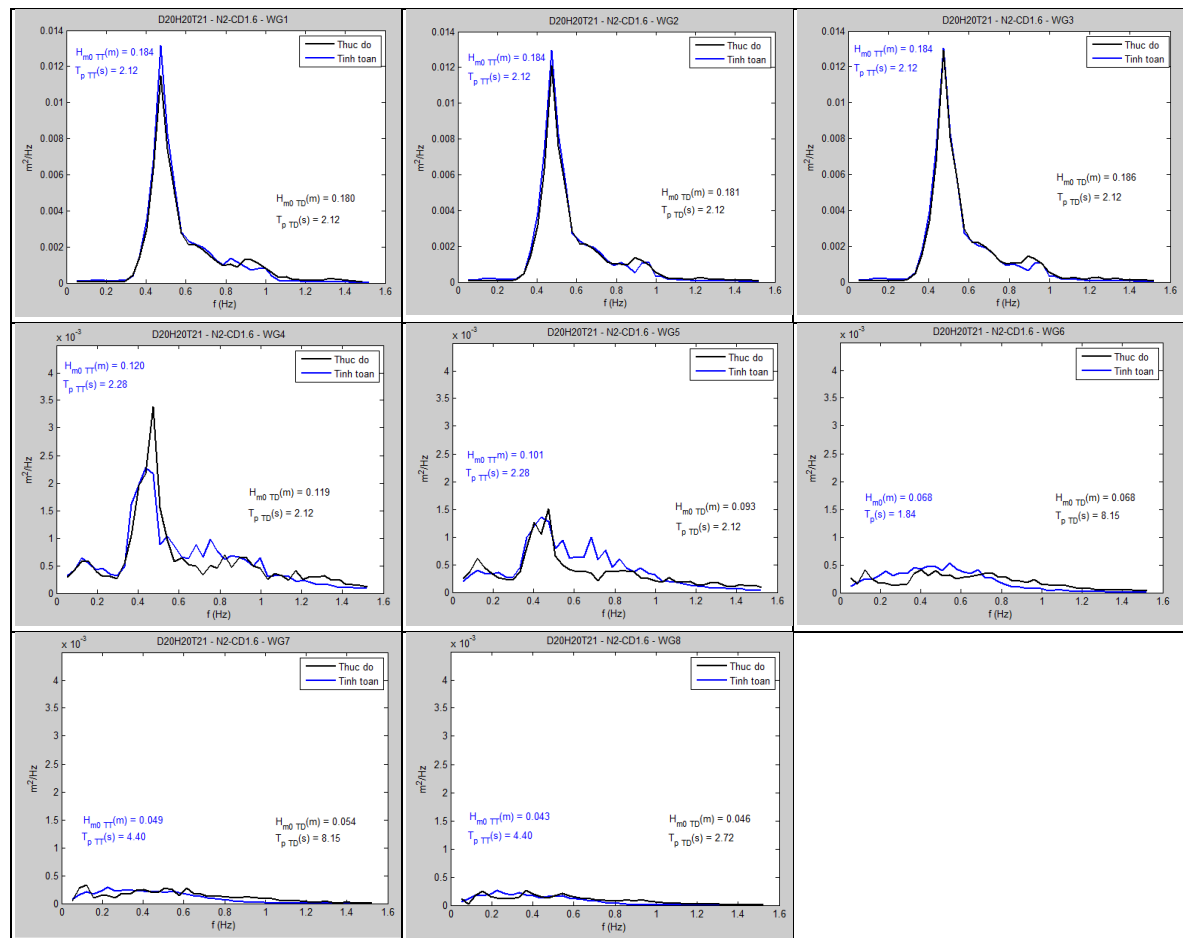
Hình B.21. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHLV và MHT - D20H12T16

b) Trường hợp D20H20T21

Bảng B.26. Kết quả tính toán cho trường hợp D20H20T21

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,4	CD1,5	CD1,6
WG1	0,18	0,184	0,184	0,184
WG2	0,181	0,184	0,184	0,184
WG3	0,186	0,184	0,185	0,184
WG4	0,119	0,121	0,12	0,12
WG5	0,093	0,103	0,102	0,101
WG6	0,068	0,072	0,07	0,068
WG7	0,054	0,052	0,05	0,049
WG8	0,046	0,046	0,044	0,043

Chọn kích bản 3, ứng với hệ số cản của cây $C_D = 1,6$



Hình B.22. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D20H20T21

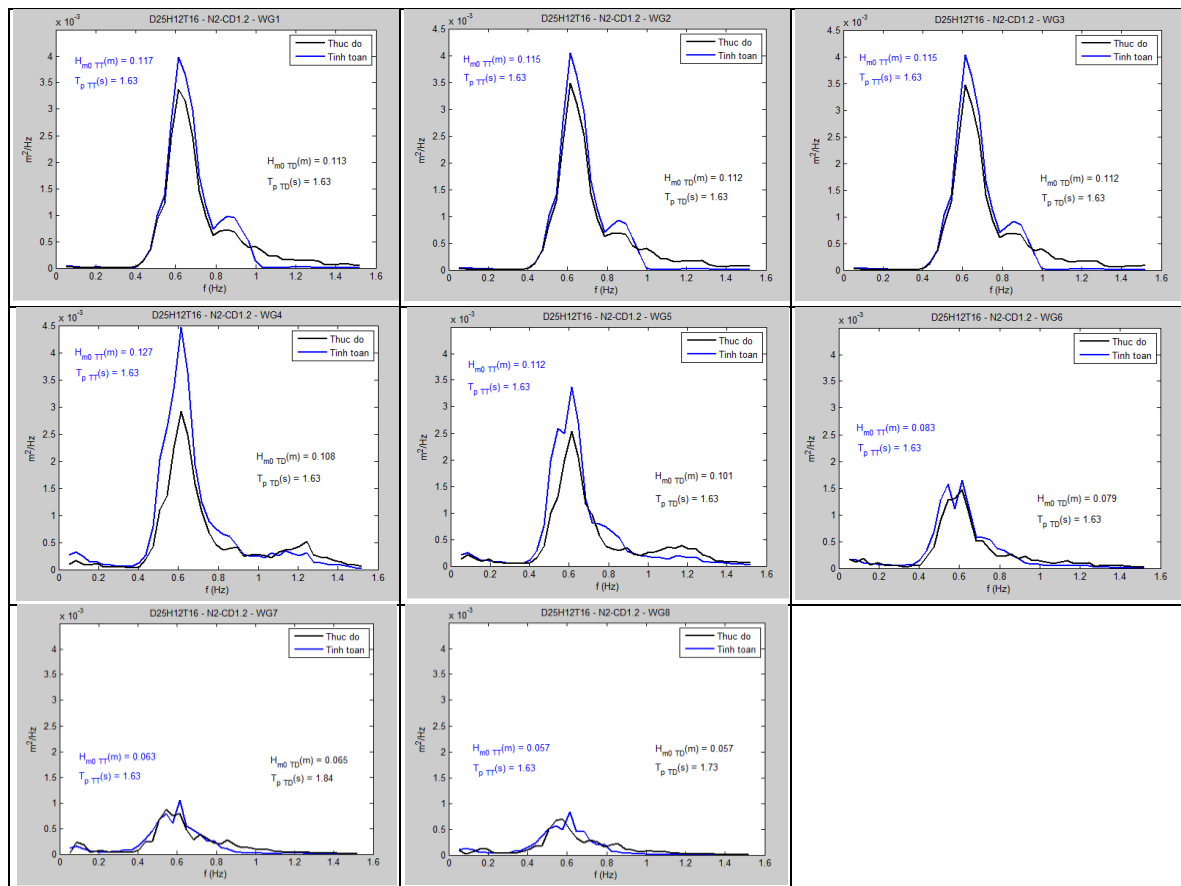
3. Độ sâu nước 0,25 m

a) Trường hợp D25H12T16

Bảng B.27. Kết quả tính toán cho trường hợp D25H12T16

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		KB1 - CD1,1	KB2 - CD1,15	KB3 - CD1,2
WG1	0,113	0,117	0,117	0,117
WG2	0,112	0,115	0,115	0,115
WG3	0,112	0,115	0,115	0,115
WG4	0,108	0,127	0,127	0,127
WG5	0,101	0,113	0,113	0,112
WG6	0,079	0,084	0,083	0,083
WG7	0,065	0,065	0,064	0,063
WG8	0,057	0,059	0,058	0,057

Chọn kích bản 3 với hệ số cản của cây $C_D = 1,2$



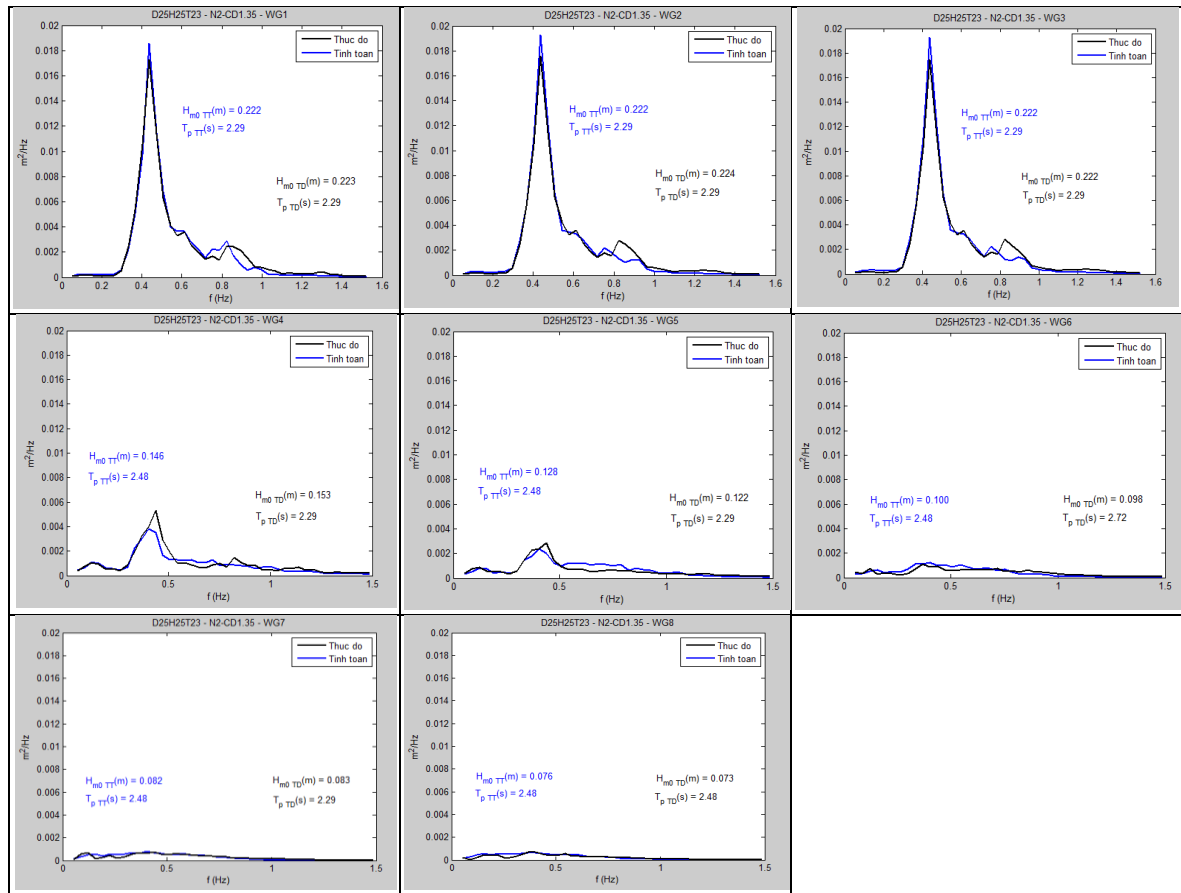
Hình B.23. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D25H12T16

b) Trường hợp D25H25T23

Bảng B.28. Kết quả tính toán cho trường hợp D25H25T23

Đầu đo	H_{m0} MHVL (m)	H_{m0} tính toán (m)		
		CD1,2	CD1,3	CD1,35
WG1	0,223	0,222	0,222	0,222
WG2	0,224	0,222	0,222	0,222
WG3	0,222	0,222	0,222	0,222
WG4	0,153	0,147	0,146	0,146
WG5	0,122	0,129	0,128	0,128
WG6	0,098	0,103	0,101	0,100
WG7	0,083	0,085	0,082	0,082
WG8	0,073	0,078	0,076	0,076

Chọn kích bản 3, ứng với hệ số cản của cây $C_D = 1,35$



Hình B.24. Tương quan chiều cao sóng phổ H_{m0} trên MHVL và MHT - D25H25T23

Nhận xét: giá trị của hệ số cản C_D ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như độ sâu nước, các đặc trưng sóng (chu kỳ sóng, chiều cao sóng), mật độ cây, Bảng B.29 tổng hợp giá trị C_D ứng với các trường hợp đã hiệu chỉnh khi bãi có RNM,

Bảng B.29. Giá trị của hệ số cản C_D sử dụng tính toán trong các kịch bản mở rộng

Độ sâu nước (m)	Trường hợp tính toán	Hệ số cản C_D	
		Mật độ cây (N1)	Mật độ cây (N2)
0,1	D10H08T16	0,6	0,6
	D10H12T16	0,3	0,6
0,15	D15H12T16	1,15	1,15
	D15H15T18	1,3	1,25
0,2	D20H12T16	1,15	1,15
	D20H20T21	1,2	1,6
0,25	D25H12T16	1,2	1,2
	D25H25T23	1,5	1,35

B3. Mở rộng đánh giá xu thế và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chi phối đến hiệu quả giảm sóng của rừng ngập mặn

1. Ảnh hưởng của mật độ cây

Mật độ cây lựa chọn để tính toán là: (41, 60, 72, 77, 85, 98) cây/1m²; các thông số khác không thay đổi là: chiều cao cây (h_v) = 0,225 m; đường kính thân cây (d_v) = 0,0074 m; chiều rộng đai rừng (B_v) = 15 m,

a) Trường hợp D15H12T16

Bảng B.30. Chiều cao sóng khi mật độ cây thay đổi trường hợp D15H12T16

Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)					
		41 cây/1m ²	60 cây/1m ²	72 cây/1m ²	77 cây/1m ²	85 cây/1m ²	98 cây/1m ²
2,095	WG1	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,117
3,725	WG2	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115

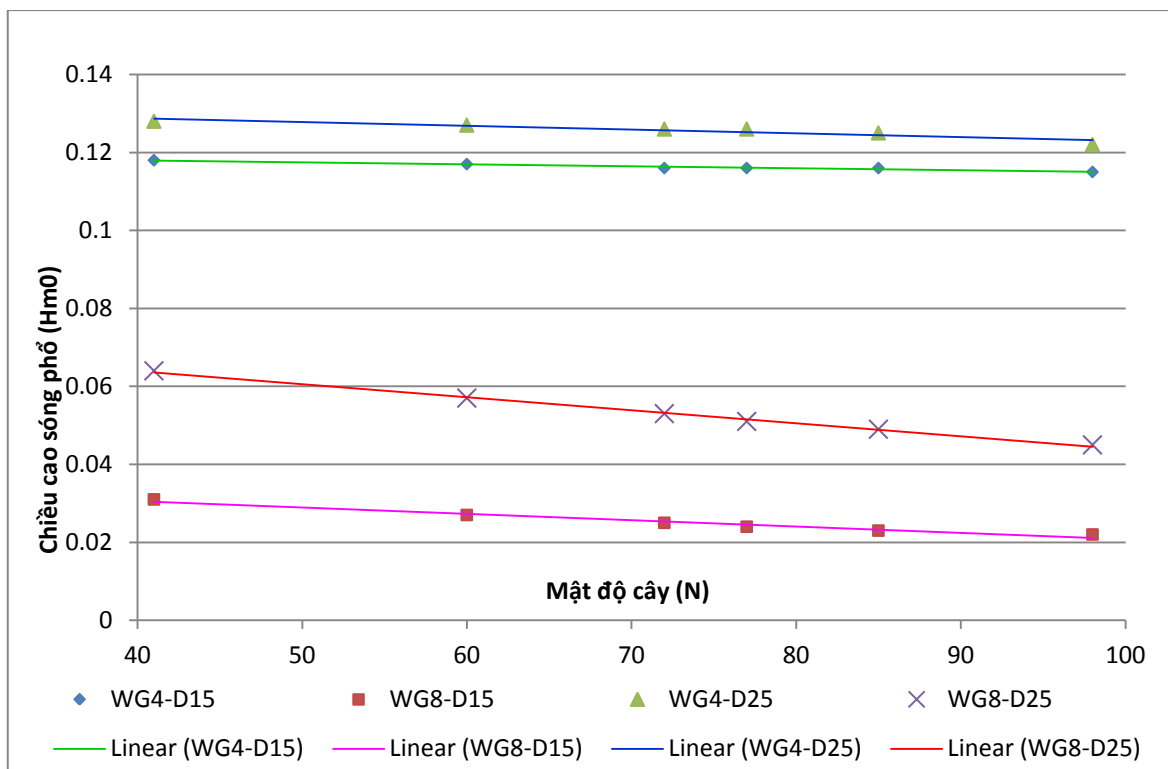
Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)					
		41 cây/1m ²	60 cây/1m ²	72 cây/1m ²	77 cây/1m ²	85 cây/1m ²	98 cây/1m ²
3,905	WG3	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
14,905	WG4	0,118	0,117	0,116	0,116	0,116	0,115
16,905	WG5	0,091	0,089	0,088	0,087	0,087	0,086
22,905	WG6	0,054	0,051	0,048	0,047	0,047	0,045
27,905	WG7	0,036	0,032	0,03	0,029	0,028	0,026
30,905	WG8	0,031	0,027	0,025	0,024	0,023	0,022

b) Trường hợp D25H12T16

Bảng B.31. Chiều cao sóng khi mật độ cây thay đổi D25H12T16

Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)					
		41 cây/1m ²	60 cây/1m ²	72 cây/1m ²	77 cây/1m ²	85 cây/1m ²	98 cây/1m ²
2,095	WG1	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117
3,725	WG2	0,115	0,115	0,115	0,115	0,116	0,115
3,905	WG3	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
14,905	WG4	0,128	0,127	0,126	0,126	0,125	0,122
16,905	WG5	0,115	0,112	0,11	0,110	0,109	0,105
22,905	WG6	0,089	0,083	0,079	0,078	0,076	0,072
27,905	WG7	0,071	0,063	0,059	0,058	0,056	0,052
30,905	WG8	0,064	0,057	0,053	0,051	0,49	0,045

Kết quả tại Bảng B.30, B.31 vẽ đồ thị thể hiện xu thế của H_{m0} theo N cho 2 điểm WG4 và WG8 như Hình B.25



Hình B,25, Quan hệ giữa H_{m0} và mật độ cây (N)

2. Ảnh hưởng của đường kính trung bình thân cây (d_v)

Như với trường hợp mật độ cây thay đổi, các thông số không thay đổi trong tính toán ảnh hưởng của thân cây là: mật độ cây; chiều cao cây; chiều rộng đai rừng; các kịch bản đánh giá ảnh hưởng của đường kính trung bình thân cây là: 0,005 m, 0,0074 m và 0,01 m. Kết quả tính toán thể hiện trong Bảng B.32, B.33 và Hình B.26

a) Trường hợp D15H12T16

Bảng B.32. Chiều cao sóng khi đường kính trung bình thân cây (d_v) thay đổi, trường hợp D15H12T16

Mật độ cây	Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)		
			$d_v = 0,005$ (m)	$d_v = 0,0074$ (m)	$d_v = 0,01$ (m)
N1	2,095	WG1	0,117	0,116	0,116
	3,725	WG2	0,115	0,115	0,115
	3,905	WG3	0,115	0,115	0,115
	14,905	WG4	0,117	0,116	0,114

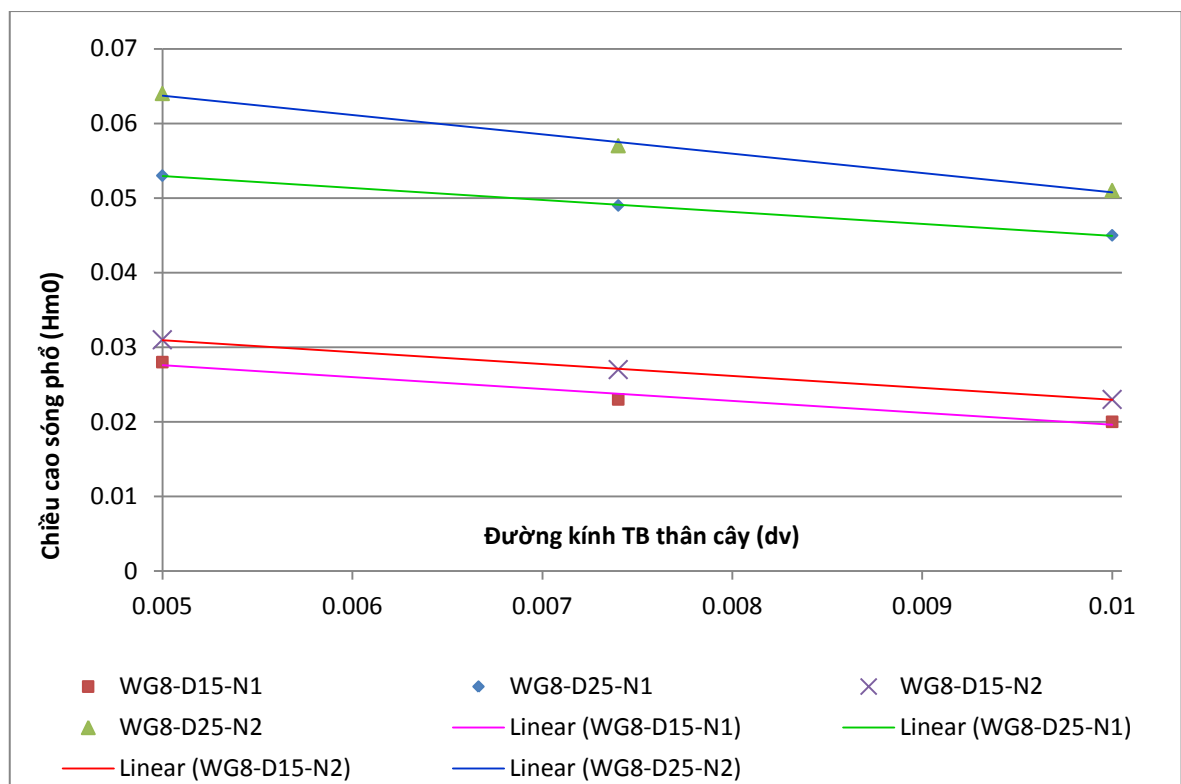
Mật độ cây	Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)		
			$d_v = 0,005$ (m)	$d_v = 0,0074$ (m)	$d_v = 0,01$ (m)
	16,905	WG5	0,09	0,087	0,084
	22,905	WG6	0,051	0,047	0,043
	27,905	WG7	0,033	0,028	0,024
	30,905	WG8	0,028	0,023	0,02
N2	2,095	WG1	0,116	0,116	0,116
	3,725	WG2	0,115	0,115	0,115
	3,905	WG3	0,115	0,115	0,115
	14,905	WG4	0,118	0,117	0,116
	16,905	WG5	0,091	0,089	0,087
	22,905	WG6	0,054	0,051	0,047
	27,905	WG7	0,036	0,032	0,028
	30,905	WG8	0,031	0,027	0,023

b) Trường hợp D25H12T16

Bảng B.33. Chiều cao sóng khi đường kính trung bình thân cây (d_v) thay đổi, trường hợp D25H12T16

Mật độ cây	Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)		
			$d_v = 0,005$ (m)	$d_v = 0,0074$ (m)	$d_v = 0,01$ (m)
N1	2,095	WG1	0,117	0,117	0,117
	3,725	WG2	0,115	0,116	0,116
	3,905	WG3	0,115	0,115	0,116
	14,905	WG4	0,126	0,125	0,122
	16,905	WG5	0,113	0,109	0,105
	22,905	WG6	0,084	0,076	0,07
	27,905	WG7	0,064	0,056	0,049
	30,905	WG8	0,053	0,049	0,045

Mật độ cây	Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)		
			$d_v = 0,005$ (m)	$d_v = 0,0074$ (m)	$d_v = 0,01$ (m)
N2	2,095	WG1	0,117	0,117	0,117
	3,725	WG2	0,115	0,115	0,116
	3,905	WG3	0,115	0,115	0,115
	14,905	WG4	0,128	0,127	0,126
	16,905	WG5	0,116	0,112	0,109
	22,905	WG6	0,089	0,083	0,077
	27,905	WG7	0,071	0,063	0,057
	30,905	WG8	0,064	0,057	0,051



Hình B.26. Quan hệ giữa H_{m0} và đường kính trung bình thân cây (d_v)

3. Ảnh hưởng của chiều cao cây (h_v)

Các kịch bản tính toán mở rộng ảnh hưởng của chiều cao cây là: $h_v = 0,1$ m; 0,13 m; 0,15 m; 0,225 m; 0,25 m; các thông số không thay đổi gồm: mật độ cây (N1); hệ số cản (C_D);

đường kính thân cây (d_v) và chiều rộng đai rừng (B_v). Kết quả tính toán thể hiện trong Bảng B.34, B.35 và Hình B.27

a) Trường hợp D15H12T16

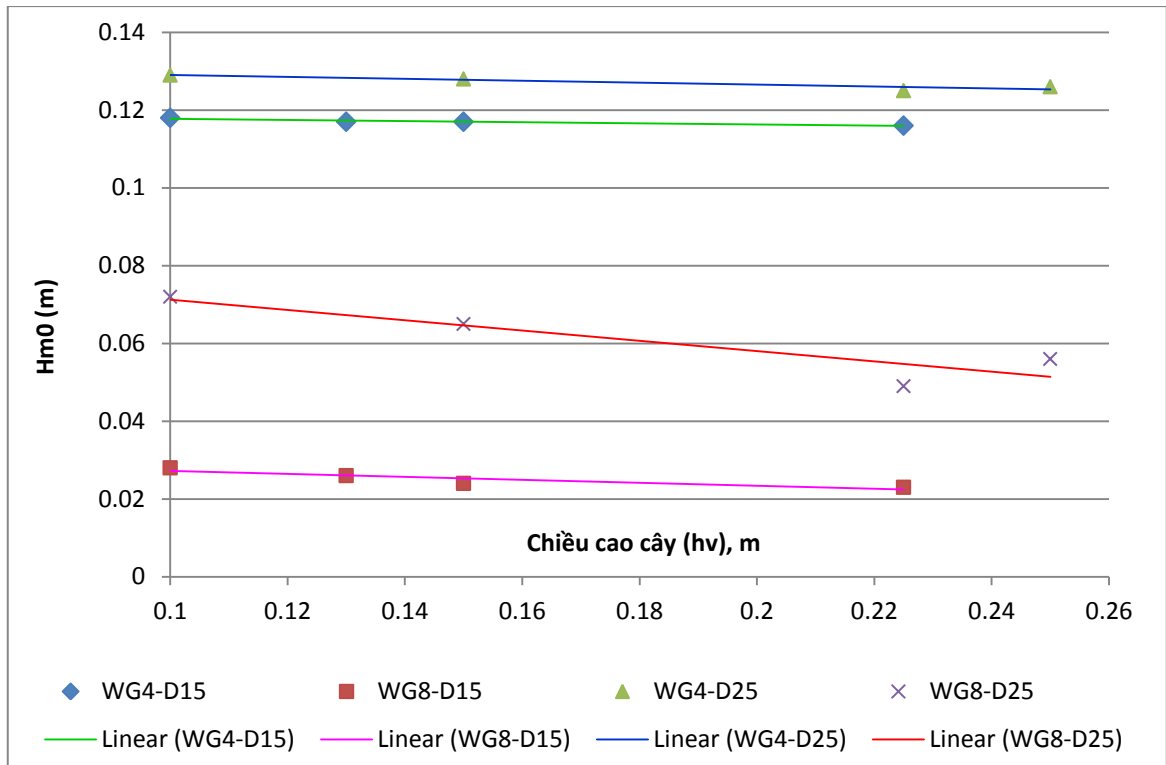
Bảng B.34, Chiều cao sóng khi thay đổi chiều cao cây (h_v), trường hợp D15H12T16

Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)				
		$h_v = 0,1$ (m)	$h_v = 0,13$ (m)	$h_v = 0,15$ (m)	$h_v = 0,225$ (m)	$h_v = 0,25$ (m)
2,095	WG1	0,117	0,117	0,116	0,116	
3,725	WG2	0,115	0,115	0,115	0,115	
3,905	WG3	0,115	0,115	0,115	0,115	
14,905	WG4	0,118	0,117	0,117	0,116	
16,905	WG5	0,088	0,086	0,086	0,087	
22,905	WG6	0,05	0,047	0,046	0,047	
27,905	WG7	0,033	0,03	0,029	0,028	
30,905	WG8	0,028	0,026	0,024	0,023	

b) Trường hợp D25H12T16

Bảng B.35, Chiều cao sóng khi thay đổi chiều cao cây (h_v), trường hợp D25H12T16

Vị trí đầu đo (m)	Điểm đo	H_{m0} tính toán (m)				
		$h_v = 0,1$ (m)	$h_v = 0,13$ (m)	$h_v = 0,15$ (m)	$h_v = 0,225$ (m)	$h_v = 0,25$ (m)
2,095	WG1	0,116		0,116	0,117	0,117
3,725	WG2	0,115		0,115	0,116	0,115
3,905	WG3	0,115		0,115	0,115	0,115
14,905	WG4	0,129		0,128	0,125	0,126
16,905	WG5	0,118		0,116	0,109	0,112
22,905	WG6	0,096		0,09	0,076	0,082
27,905	WG7	0,079		0,072	0,056	0,062
30,905	WG8	0,072		0,065	0,049	0,056



Hình B.27. Quan hệ giữa H_{m0} và chiều cao cây (h_v)

4. Ảnh hưởng của mở rộng đai rừng

Khi tính toán ảnh hưởng của đai rừng, đã bổ sung thêm kích bản chiều rộng rừng mở rộng thành 50 m (tương đương 1000 m ngoài thực tế) để tính toán theo 2 trường hợp là D15H12T16 ($C_D=1,15$) và D25H12T16 ($C_D = 1,20$); các thông số không thay đổi gồm: mật độ cây (N); chiều cao cây (h_v); đường kính thân cây (d_v),

Kết quả tính toán chiều cao sóng ở một số điểm dọc theo chiều rộng rừng thể hiện trong Bảng B.36, B.37 và Hình B.28, B.29

a) Trường hợp D15H12T16

Bảng B.33. Kết quả tính chiều cao sóng H_{m0} kích bản mở rộng đai rừng, trường hợp D15H12T16

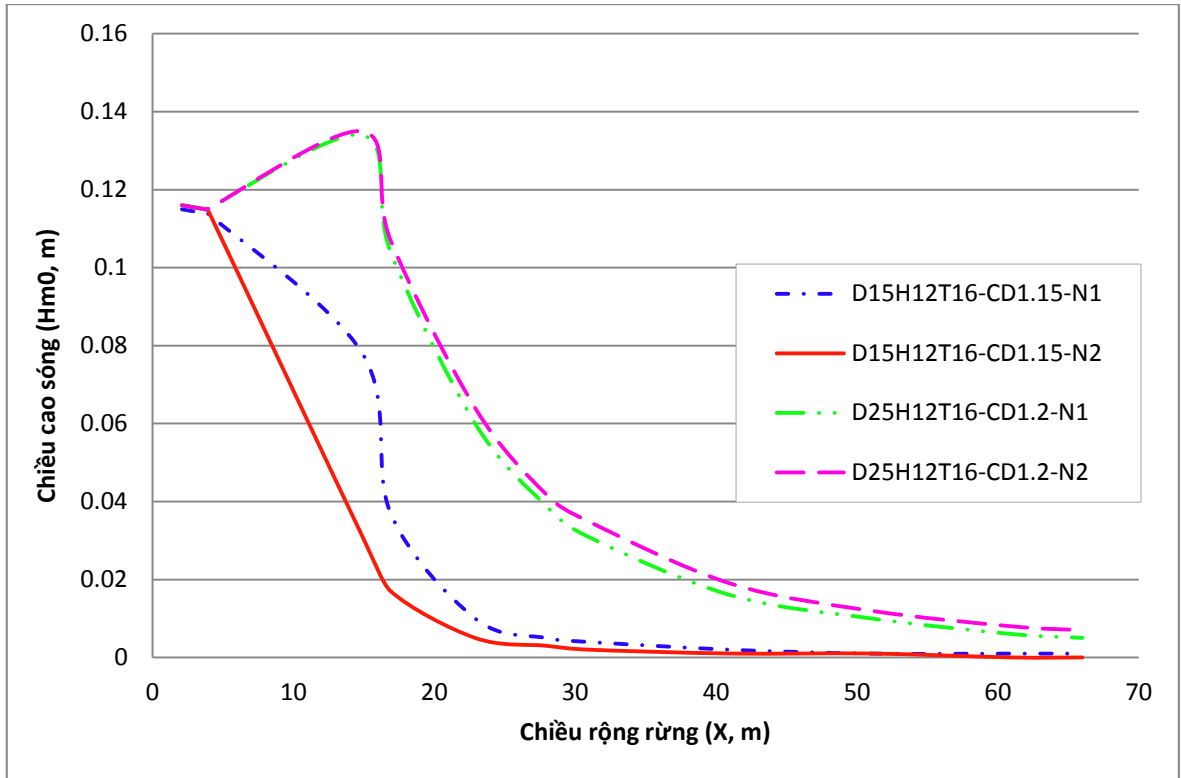
TT đầu đo	Vị trí đầu đo (m)	H_{m0} (m) cho trường hợp mở rộng bề rộng đai rừng			
		N1		N2	
		CD1,15-N1	T_p (s)	CD 1,15-N2	T_p (s)
WG1	2,095	0,116	1,63	0,115	1,63
WG2	3,725	0,115	1,63	0,114	1,63
WG3	3,905	0,115	1,63	0,114	1,63

TT đầu đo	Vị trí đầu đo (m)	H_{m0} (m) cho trường hợp mở rộng bề rộng đai rừng			
		N1		N2	
		CD1,15-N1	T_p (s)	CD 1,15-N2	T_p (s)
WG4	14,905	0,031	1,97	0,078	19
WG5	16,905	0,017	19	0,037	19
WG6	22,905	0,005	18,92	0,01	18,92
WG7	27,905	0,003	18,92	0,005	18,92
WG8	30,905	0,002	18,92	0,004	18,92
WG9	41	0,001	18,92	0,002	18,92
WG10	51	0,001	18,92	0,001	18,92
WG11	61	0	18,92	0,001	18,92
WG12	66	0	18,92	0,001	18,92

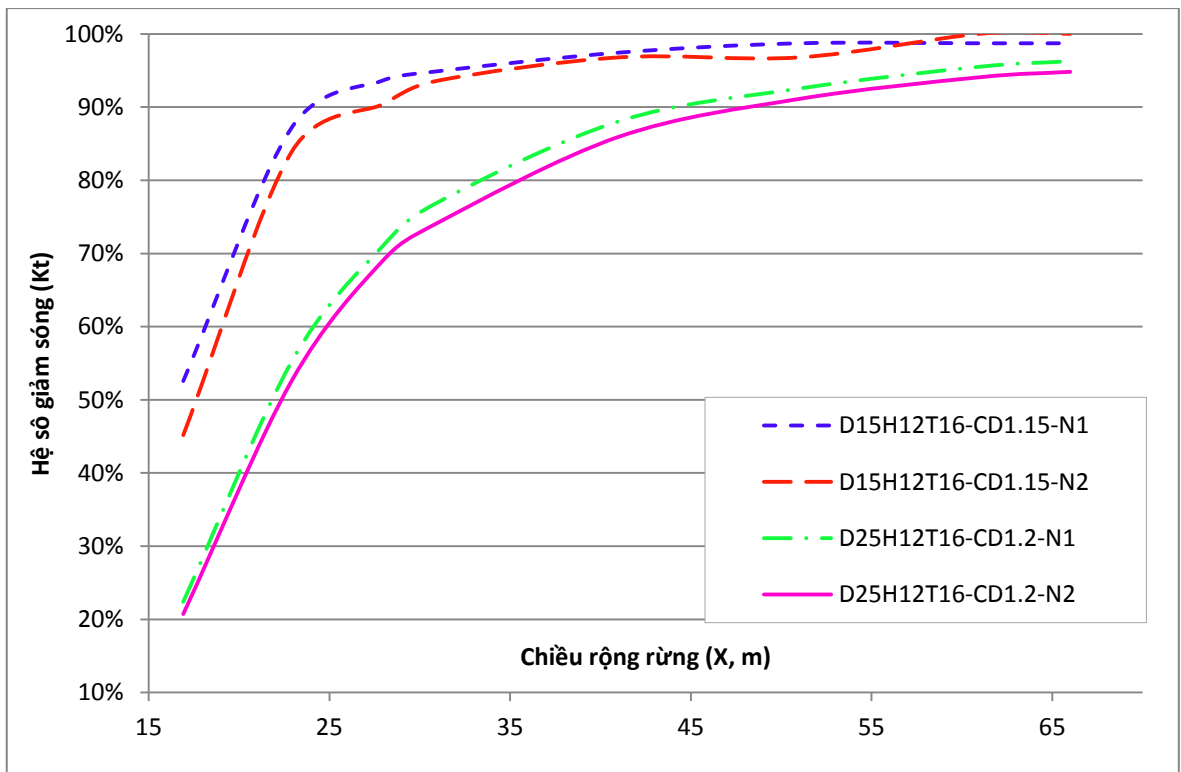
b) Trường hợp D25H12T16

Bảng B.34. Kết quả tính chiều cao sóng H_{m0} kích bản mở rộng đai rừng, trường hợp D25H12T16

TT đầu đo	Vị trí đầu đo (m)	H_{m0} (m) cho trường hợp mở rộng bề rộng đai rừng			
		N1		N2	
		CD 1,15-N2	T_p (s)	CD1,2-N2	T_p (s)
WG1	2,095	0,115	1,63	0,116	1,63
WG2	3,725	0,114	1,63	0,115	1,63
WG3	3,905	0,114	1,63	0,115	1,63
WG4	14,905	0,078	1,97	0,135	19
WG5	16,905	0,037	19	0,107	19
WG6	22,905	0,01	18,92	0,064	18,92
WG7	27,905	0,005	18,92	0,042	18,92
WG8	30,905	0,004	18,92	0,035	18,92
WG9	41	0,002	18,92	0,019	18,92
WG10	51	0,001	18,92	0,012	18,92
WG11	61	0,001	18,92	0,008	18,92
WG12	66	0,001	18,92	0,007	18,92



Hình B.28 Đường quá trình lan truyền sóng tính toán theo chiều rộng đai rừng



Hình B.29. Hệ số giảm sóng theo chiều rộng đai rừng

Từ đồ thị Hình B.28 và B.29 cho thấy, khi sóng lan truyền đến khoảng cách 30 m so với bảng tạo sóng (tương ứng với khoảng cách 15m trong RNM), hệ số giảm sóng đạt trên 70% so với vị trí sóng bắt đầu vào RNM (WG4). Từ khoảng cách 50 m (tương ứng với khoảng cách 35 m trong RNM), hệ số giảm sóng đạt trên 90%, chiều cao sóng còn lại rất nhỏ. Việc mở rộng đai rừng cũng không còn ý nghĩa về mặt giảm sóng.

PHỤ LỤC C

Kết quả nghiên cứu trên MHVL thiết lập phương trình tổng quát mô tả suy giảm chiều cao sóng qua RNM

C1. Tổ hợp các kịch bản thí nghiệm liên quan độ sâu nước và các đặc trưng sóng (chiều cao sóng, chu kỳ sóng)

TT	Ký hiệu	Độ sâu nước (m)	Sóng khởi tạo		Thời gian (s)
			Hs,0 (m)	Tp (s)	
1	D10H08T13	0,1	0,08	1,3	650
2	D10H08T16		0,08	1,6	800
3	D10H12T16		0,12	1,6	800
4	D10H12T20		0,12	2,0	1000
5	D15H08T13	0,15	0,08	1,3	650
6	D15H08T16		0,08	1,6	800
7	D15H12T16		0,12	1,6	800
8	D15H12T20		0,12	2,0	1000
9	D15H15T18		0,15	1,8	900
10	D15H15T22		0,15	2,2	1100
11	D20H08T13	0,2	0,08	1,3	650
12	D20H08T16		0,08	1,6	800
13	D20H12T16		0,12	1,6	800
14	D20H12T20		0,12	2,0	1000
15	D20H15T18		0,15	1,8	900
16	D20H15T22		0,15	2,2	1100
17	D20H20T21		0,20	2,1	1050
18	D20H20T25		0,20	2,5	1250
19	D25H08T13	0,25	0,08	1,3	650
20	D25H08T16		0,08	1,6	800
21	D25H12T16		0,12	1,6	800
22	D25H12T20		0,12	2,0	1000
23	D25H15T18		0,15	1,8	900
24	D25H15T22		0,15	2,2	1100
25	D25H20T21		0,20	2,1	1050
26	D25H20T25		0,20	2,5	1250
27	D25H25T23		0,25	2,3	1200
28	D25H25T28		0,25	2,8	1400

C2. Tổ hợp các trường hợp liên quan cấu trúc RNM

Trường hợp 1. Bãi trước đê không có RNM;

Trường hợp 2. Bãi trước đê có RNM: mật độ $N1 = 85$ cây/ $1m^2$, chiều cao cây $h_v = 0,25$ m, chiều rộng đai rừng $B = 15$ m;

Trường hợp 2. Bãi trước đê có RNM: mật độ $N2 = 60$ cây/ $1m^2$, chiều cao cây $h_v = 0,25$ m, chiều rộng đai rừng $B = 15$ m,

Chú thích:

- Các thông số sóng đưa vào thí nghiệm là sóng đều và sóng phổ Jonswap
- Giá trị trong phụ lục là giá trị trên mô hình (MH);

C3. Giá trị hệ số cản tổng hợp C_D

Bảng C3.1. Giá trị hệ số cản tổng hợp C_D

TT	Test	h (m)	N_v (cây / m^2)	Chiều cao sóng H_{m0} (m)					T (s)	C_D
				WG4	WG5	WG6	WG7	WG8		
1	D10H08T13	0,10	85	0,0533	0,0467	0,0243	0,0195	0,0144	1,30	0,366
2	D10H08T16	0,10	85	0,0558	0,0467	0,0250	0,0201	0,0149	1,60	0,316
3	D10H12T16	0,10	85	0,0594	0,0490	0,0257	0,0206	0,0152	1,60	0,254
4	D10H12T20	0,10	85	0,0625	0,0515	0,0272	0,0217	0,0164	2,00	0,232
5	D15H08T13	0,15	85	0,0680	0,0610	0,0332	0,0237	0,0195	1,30	0,674
6	D15H08T16	0,15	85	0,0723	0,0640	0,0363	0,0264	0,0222	1,60	0,601
7	D15H12T16	0,15	85	0,0839	0,0695	0,0382	0,0278	0,0231	1,60	0,404
8	D15H12T20	0,15	85	0,0871	0,0714	0,0408	0,0288	0,0244	2,00	0,331
9	D15H15T18	0,15	85	0,0883	0,0722	0,0408	0,0287	0,0244	1,80	0,275
10	D15H15T22	0,15	85	0,0907	0,0731	0,0418	0,0294	0,0251	2,20	0,242

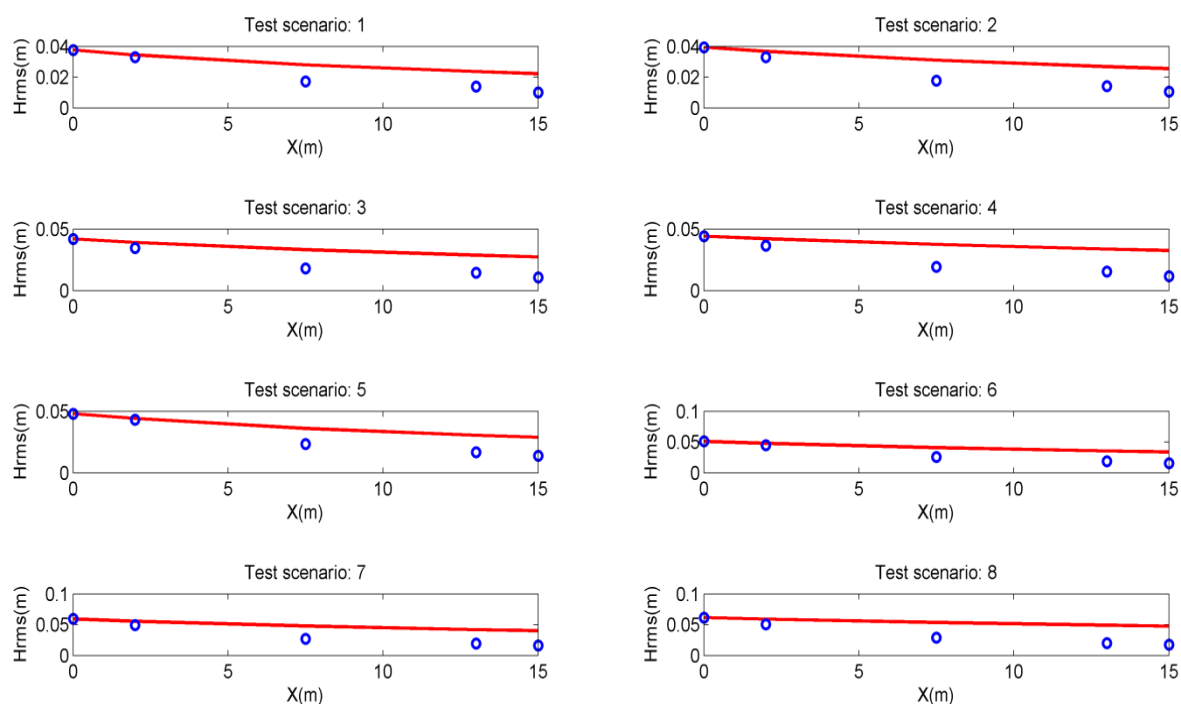
TT	Test	h (m)	N _v (cây /m ²)	Chiều cao sóng H _{m0} (m)					T (s)	C _D
				WG4	WG5	WG6	WG7	WG8		
11	D20H08T13	0,20	85	0,0715	0,0661	0,0422	0,0313	0,0257	1,30	0,906
12	D20H08T16	0,20	85	0,0764	0,0710	0,0471	0,0360	0,0301	1,60	0,850
13	D20H12T16	0,20	85	0,1010	0,0887	0,0581	0,0432	0,0359	1,60	0,552
14	D20H12T20	0,20	85	0,1056	0,0904	0,0612	0,0461	0,0383	2,00	0,448
15	D20H15T18	0,20	85	0,1160	0,0959	0,0646	0,0463	0,0384	1,80	0,391
16	D20H15T22	0,20	85	0,1191	0,0967	0,0662	0,0478	0,0396	2,20	0,354
17	D20H20T21	0,20	85	0,1227	0,0977	0,0670	0,0483	0,0400	2,10	0,301
18	D20H20T25	0,20	85	0,1256	0,0997	0,0681	0,0495	0,0409	2,50	0,266
19	D25H08T13	0,25	85	0,0707	0,0678	0,0496	0,0389	0,0340	1,30	1,280
20	D25H08T16	0,25	85	0,0751	0,0731	0,0541	0,0432	0,0381	1,60	1,120
21	D25H12T16	0,25	85	0,1054	0,0996	0,0726	0,0563	0,0492	1,60	0,792
22	D25H12T20	0,25	85	0,1110	0,1037	0,0778	0,0608	0,0535	2,00	0,685
23	D25H15T18	0,25	85	0,1265	0,1126	0,0835	0,0645	0,0564	1,80	0,567
24	D25H15T22	0,25	85	0,1313	0,1166	0,0872	0,0679	0,0600	2,20	0,505
25	D25H20T21	0,25	85	0,1435	0,1204	0,0898	0,0697	0,0613	2,10	0,357
26	D25H20T25	0,25	85	0,1482	0,1239	0,0917	0,0726	0,0636	2,50	0,303
27	D25H25T23	0,25	85	0,1480	0,1224	0,0917	0,0724	0,0632	2,30	0,289
28	D25H25T28	0,25	85	0,1538	0,1272	0,0934	0,0744	0,0647	2,80	0,241
29	D10H08T13	0,10	60	0,0518	0,0455	0,0262	0,0202	0,0175	1,30	0,439
30	D10H08T16	0,10	60	0,0544	0,0469	0,0276	0,0210	0,0180	1,60	0,375

TT	Test	h (m)	N _v (cây /m ²)	Chiều cao sóng H _{m0} (m)					T (s)	C _D
				WG4	WG5	WG6	WG7	WG8		
31	D10H12T16	0,10	60	0,0571	0,0484	0,0284	0,0215	0,0184	1,60	0,268
32	D10H12T20	0,10	60	0,0624	0,0508	0,0297	0,0223	0,0196	2,00	0,294
33	D15H08T13	0,15	60	0,0668	0,0620	0,0383	0,0275	0,0233	1,30	0,896
34	D15H08T16	0,15	60	0,0705	0,0639	0,0410	0,0301	0,0259	1,60	0,792
35	D15H12T16	0,15	60	0,0822	0,0692	0,0432	0,0315	0,0269	1,60	0,522
36	D15H12T20	0,15	60	0,0892	0,0734	0,0479	0,0339	0,0291	2,00	0,454
37	D15H15T18	0,15	60	0,0902	0,0741	0,0479	0,0339	0,0292	1,80	0,377
38	D15H15T22	0,15	60	0,0932	0,0759	0,0491	0,0347	0,0299	2,20	0,341
39	D20H08T13	0,20	60	0,0720	0,0679	0,0464	0,0352	0,0301	1,30	1,194
40	D20H08T16	0,20	60	0,0760	0,0720	0,0507	0,0397	0,0346	1,60	1,115
41	D20H12T16	0,20	60	0,1008	0,0896	0,0627	0,0484	0,0421	1,60	0,717
42	D20H12T20	0,20	60	0,1061	0,0917	0,0656	0,0515	0,0448	2,00	0,577
43	D20H15T18	0,20	60	0,1140	0,0941	0,0666	0,0516	0,0448	1,80	0,492
44	D20H15T22	0,20	60	0,1169	0,0950	0,0678	0,0531	0,0460	2,20	0,439
45	D20H20T21	0,20	60	0,1215	0,0958	0,0686	0,0536	0,0464	2,10	0,375
46	D20H20T25	0,20	60	0,1293	0,1020	0,0732	0,0570	0,0490	2,50	0,359
47	D25H08T13	0,25	60	0,0718	0,0694	0,0531	0,0440	0,0389	1,30	1,618
48	D25H08T16	0,25	60	0,0757	0,0736	0,0571	0,0479	0,0428	1,60	1,414
49	D25H12T16	0,25	60	0,1080	0,1005	0,0779	0,0642	0,0564	1,60	1,010
50	D25H12T20	0,25	60	0,1133	0,1042	0,0829	0,0686	0,0610	2,00	0,865

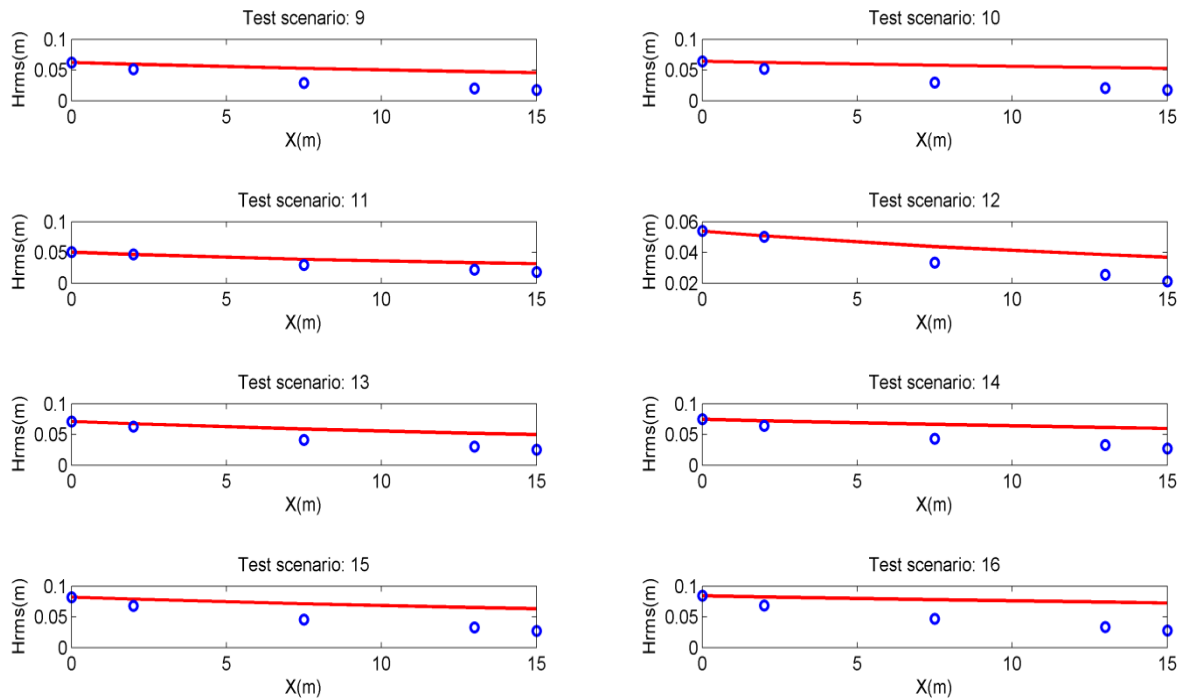
TT	Test	h (m)	N _v (cây /m ²)	Chiều cao sóng H _{m0} (m)					T (s)	C _D
				WG4	WG5	WG6	WG7	WG8		
51	D25H15T18	0,25	60	0,1287	0,1143	0,0894	0,0732	0,0646	1,80	0,722
52	D25H15T22	0,25	60	0,1339	0,1178	0,0926	0,0770	0,0688	2,20	0,638
53	D25H20T21	0,25	60	0,1489	0,1226	0,0969	0,0802	0,0711	2,10	0,470
54	D25H20T25	0,25	60	0,1540	0,1257	0,0988	0,0832	0,0736	2,50	0,403
55	D25H25T23	0,25	60	0,1545	0,1249	0,0990	0,0828	0,0733	2,30	0,391
56	D25H25T28	0,25	60	0,1605	0,1291	0,0999	0,0849	0,0746	2,80	0,335

C4. So sánh với số liệu thực đo từ thí nghiệm MHVL về sự suy giảm chiều cao sóng qua RNM

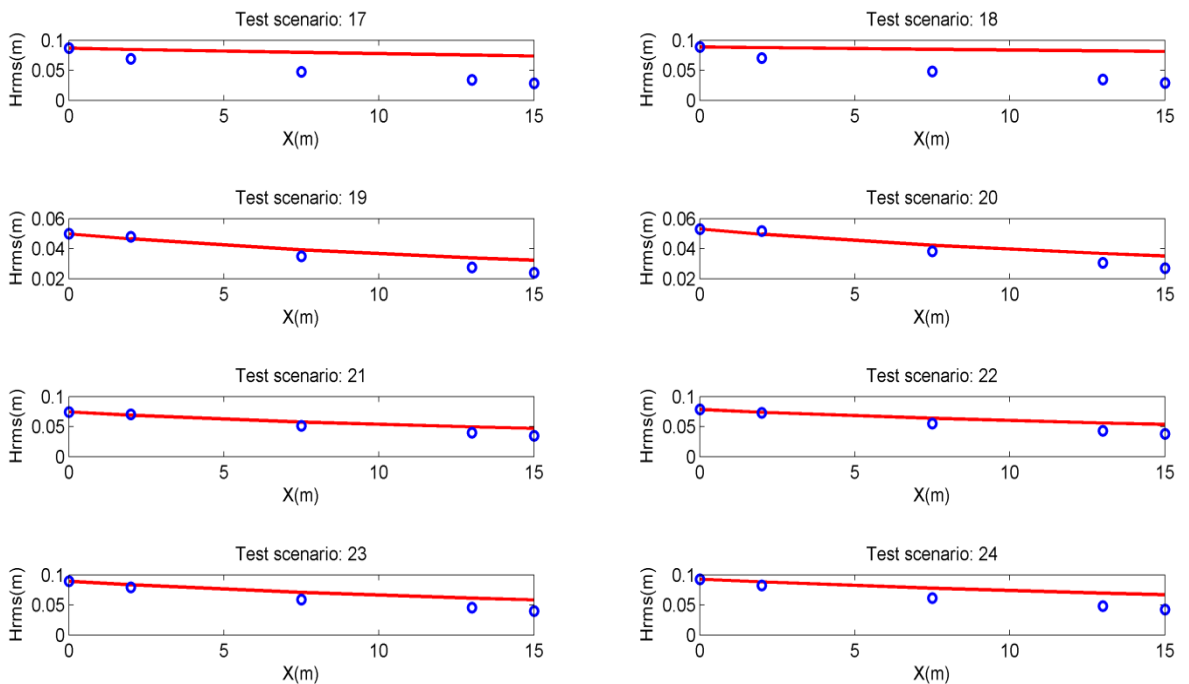
Kết quả so sánh giữa đường suy giảm chiều cao sóng tính toán với các số liệu thực đo từ thí nghiệm MHVL cho tất cả các kịch bản được thể hiện trên các hình từ Hình C 4.1 đến Hình C 4.7.



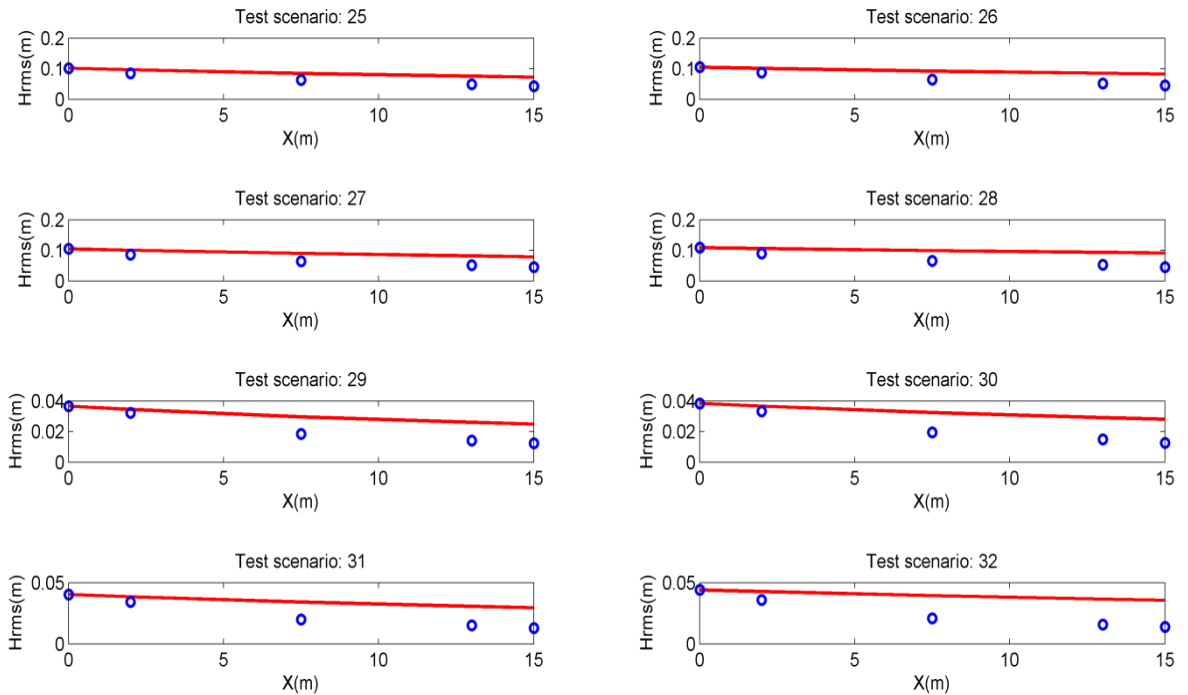
Hình C 4.1. So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 1 đến 8. Bảng C 3.1



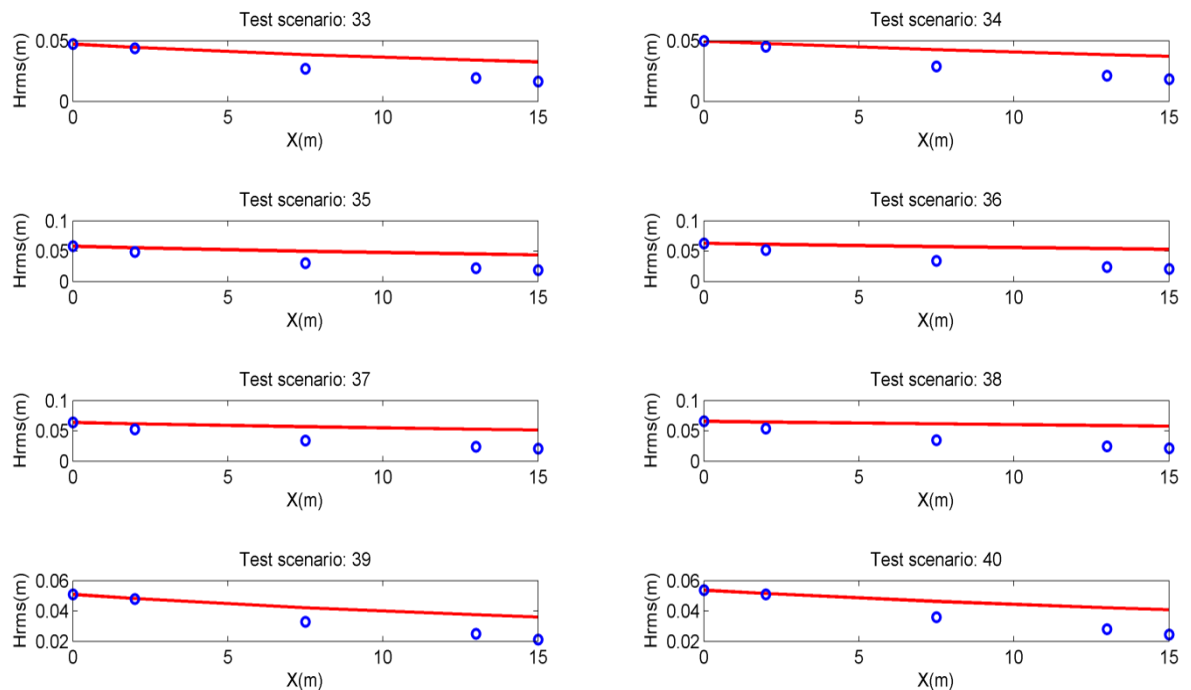
Hình C 4.2. So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 9 đến 16. Bảng C 3.1



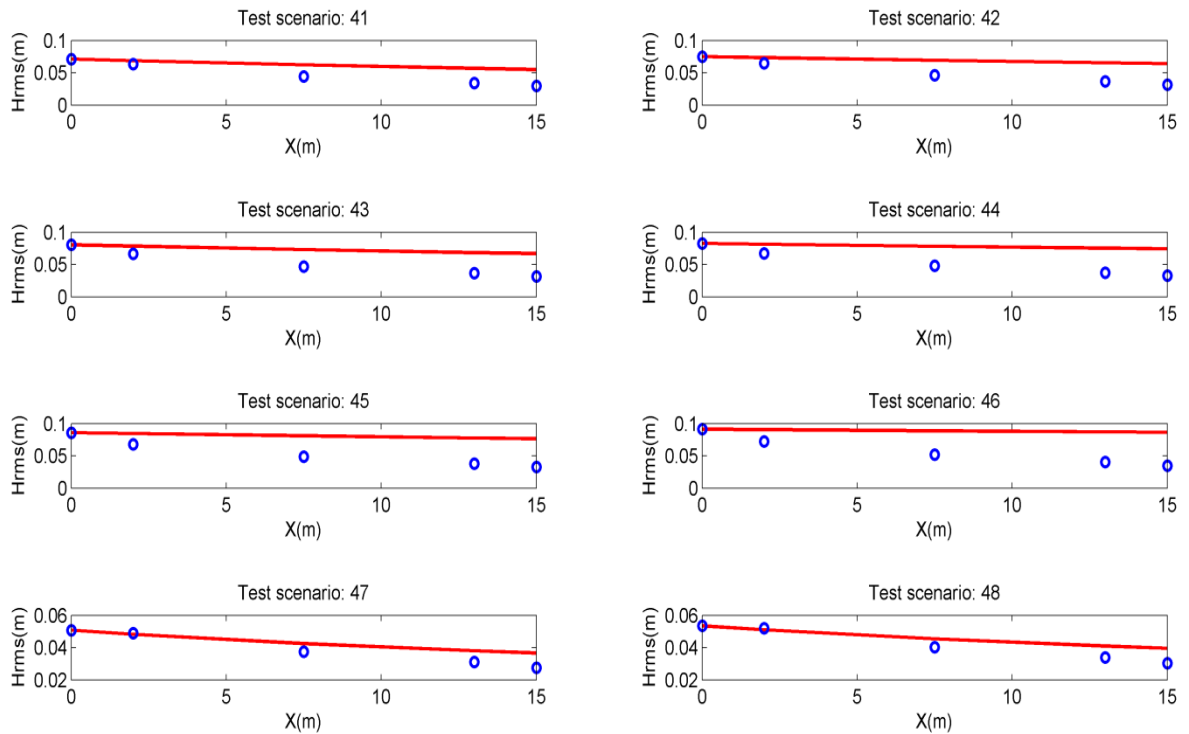
Hình C 4.3. So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 17 đến 24. Bảng C 3.1



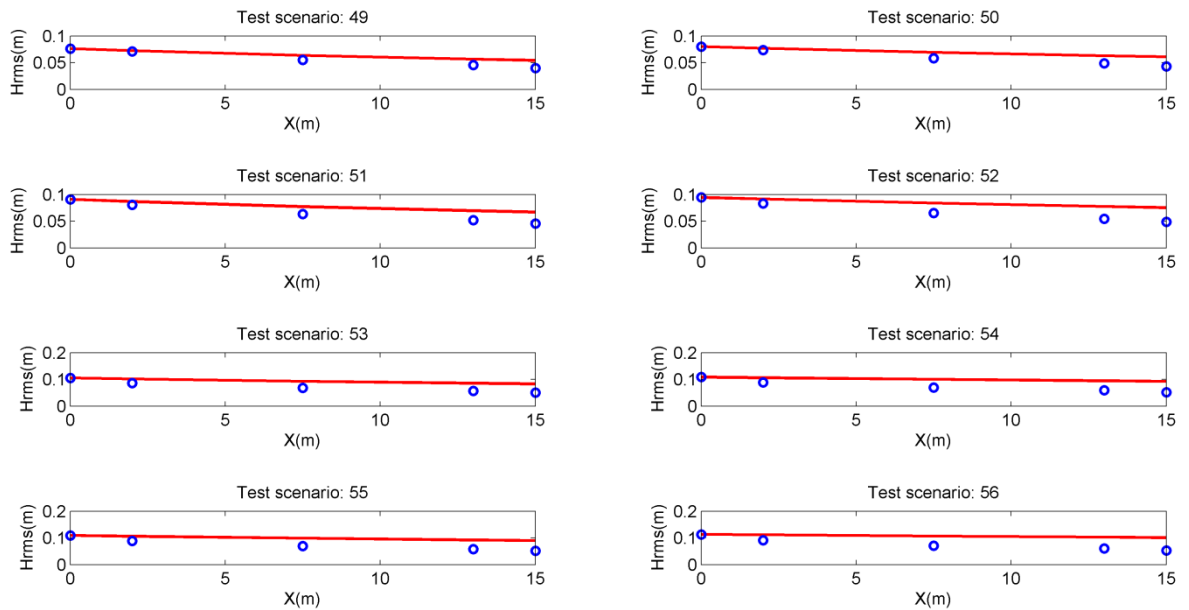
Hình C 4.4. So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 25 đến 32. Bảng C 3.1



Hình C 4.5. So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 33 đến 40. Bảng C 3.1



Hình C 4.6 So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 41 đến 48. Bảng C 3.1



Hình C 4.7 So sánh sự suy giảm chiều cao sóng qua rừng giữa tính toán (đường liền nét) và thực đo (điểm tròn), kịch bản số 49 đến 56. Bảng C 3.1