



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Strandby Havn, ny forhavn

modelforsøg med bølgeuro

Burcharth, Hans F.

Publication date:
1973

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Burcharth, H. F. (1973). *Strandby Havn, ny forhavn: modelforsøg med bølgeuro*. Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning. Bulletin Nr. 4

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Richard Crossin

**BULLETIN NR. 4
STRANDBY HAVN NY FORHAVN
MODELFORSØG MED BØLGEURO**

**LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIØRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK**

DANMARKS INGENIØRAKADEMI

Danmarksgade 19 9000 Aalborg Danmark telefon (08) 160533

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

BULLETIN NR. 4

STRANDBY HAVN NY FORHAVN

MODELFORSØG MED BØLGEURO

APRIL 1973

INDHOLDSFORTEGNELSE:

1. Forord	side	1
2. Undersøgelsens baggrund og formål	side	2
3. Konklusion	side	3
4. Bølgedata for modelforsøg	side	4
5. Beskrivelse af model	side	5
6. Udførte forsøg	side	6
7. Oversigt over forsøgsresultater	side	7
8. Beregning af hyppighed af bølgeuro	side	8

BILAG

Nuværende udformning	bilag	1
Civilingeniør Bülow Becks projekt til ny forhavn	bilag	2
Alternativ A	bilag	3
Alternativ B	bilag	4
Alternativ C	bilag	5
Refraktion af bølger fra Ø	bilag	6
Refraktion af bølger fra NNØ	bilag	7
Refraktion af bølger fra SØ	bilag	8

1. Forord

Nærværende bulletin beskriver resultatet af en række modelforsøg til bestemmelse af den formindskelse af bølgeuroen, som kan opnås i Strandby havn, såfremt der bygges en ny forhavn.

Modelforsøgene, der blev igangsat på foranledning af Strandby havn's tekniske rådgiver, civ.ing. J. Bülow Beck, Lemvig, er udført som et 14 dages kursusarbejde i havnebygning af stud.ing. M. A. Hviid og stud. ing. H. O. Hede.

En mere detaljeret fremstilling af modelforsøgene er givet i rapporten "Strandby havn, modelforsøg vedr. ny forhavn, Danmarks Ingeniørakademi, november 1972", udarbejdet af M. A. Hviid og H. O. Hede.

2. Undersøgelsens baggrund og formål

Ved den nuværende udformning af Strandby havn, jfr. bilag nr. 1, har man konstateret følgende problemer:

1. Generende bølgeuro i auktionshalbassin samt ved slæbested under moderate og stærke østlige vinde.
2. Dårlige besejlingsforhold til havnen under moderate og stærke østlige vinde.
3. Tilsanding ved havnemundingen.

Med henblik på at afhjælpe ovenstående mangler, har civ.ing. J. Bülow Beck udarbejdet et forslag til en ny havn som vist på bilag nr. 2.

De ved laboratoriet udførte undersøgelser omhandler udelukkende bølgeforholdene (jfr. pkt. 1 ovenfor), om hvilke repræsentanter for Strandby havns bestyrelse og fiskeriforening på et møde i Strandby den 17. november 1972 udtalte følgende:

I hele auktionshalbassinet har man for vinde $\geq 4\text{BF}$ fra den østlige sektor en betydelig uro, der kan vanskeliggøre losningen. For vinde fra NØ og SØ kan der ligeledes være problemer, men for lidt større vindstyrker (5-6BF).

Ved det nye slæbested har man for vinde $> 4\text{BF}$ fra SØ og Ø en sådan bølgeuro, at man ikke kan benytte slæbestedet.

Der forelå ikke målinger af bølgerne, hverken uden for havnen eller i havnebassinerne.

Formålet med modelforsøgene blev konkretiseret til

at undersøge mulighederne for en forbedring af bølgeuroforholdene i Strandby havn med udgangspunkt i det af civ.ing. J. Bülow Beck udarbejdede forhavnsprojekt,

samt endvidere

at undersøge den reduktion af bølgeuroen i auktionshalbassinet, som kan opnås alene ved at udføre vestkajen i nævnte bassin som en ikke-reflekterende konstruktion.

3. Konklusion

På grundlag af modelforsøgene og de tilhørende beregninger, har laboratoriet draget følgende konklusioner:

1. Ny forhavn

Modelforsøgene har påvist, at udførelse af en ny forhavn, i henhold til det af civ.ing. J. Bülow Beck udarbejdede projekt, vil reducere bølgehøjderne overalt i havnen til ca. en trediedel af de nuværende.

2. Stenkastning langs vestkaj i auktionshalbassin

Forsøgene har påvist, at en absorberende stenkastning langs vestkajen i auktionshalbassinet vil reducere bølgehøjderne i dette bassin til ca. 3/4 af de nuværende. I de øvrige bassiner og ved slæbestedet opnås ingen ændringer.

3. Reduktion af hyppighed af gener ved bygning af ny forhavn

På grundlag af modelforsøgene og en teoretisk beregning af bølgehøjdehyppigheden i havnen må det konkluderes, at udførelsen af en ny forhavn, i henhold til civ.ing. J. Bülow Beck's projekt, vil reducere hyppigheden af generende bølgeuro flere størrelsesordener til så lav en værdi, at generne kan betragtes som fjernet.

4. Bølgedata for modelforsøg

En tilfredsstillende nøjagtig, teoretisk beregning af bølgeforholdene ved Strandby havn er særdeles vanskelig på grund af refraktionen af bølgerne ved Hirsholmene. Dette betyder, at de absolutte værdier, af de i det følgende nævnte bølgedata, er behæftet med en vis usikkerhed.

Bølgehøjder ved Hirsholmene

Ved anvendelse af fritstrækdiagrammer er nedenstående angivet bølgedata for bølger, som må forventes ud for Hirsholmene.

	Vind fra Ø			Vind fra NØ			Vind fra SØ		
	7 m/s	12 m/s	20 m/s	7 m/s	12 m/s	20 m/s	7 m/s	12 m/s	20 m/s
H _S (m)	0,90	1,76	3,38	0,90	1,76	3,38	0,65	1,25	2,33
L (m)	34,6	58,2	97,5	34,6	58,2	95,7	21,4	36,0	57,5
T _S (sek)	4,7	6,1	8,0	4,7	6,1	8,0	3,7	4,8	6,1

Refraktion

På bilag 6, 7 og 8 er vist, hvorledes bølger med 60 m's længde ved Hirsholmene refrakteres ind mod Strandby havn. Det ses, at refraktionen i alle tilfælde medfører ugunstige bølgeretninger, hvad angår bølgeuro i Strandby havn.

I afsnit 7 er redegjort for en nærmere beregning af refraktionen.

Bølgedata for modelforsøg

På grundlag af de nævnte bølgeforhold blev det besluttet at udføre forsøgene med bølger fra Ø til SØ med perioder svarende til 4,3 sec og 7,1 sec. I næste afsnit er angivet de tilsvarende værdier i modellen.

Bølgehøjden i modellen blev fastsat med henblik på at opnå en rimelig målenøjagtighed, og bølgehøjder blev i modellen kun målt relativt i forhold til de indkomne bølger.

5. Beskrivelse af model

Modellen blev placeret i laboratoriets bølgebassin (se bulletin nr. 1 "Introduktion af Laboratoriet"). Pladsforholdene tillod en længdemålestok på $\lambda_L = 100$. Højdemålestokken fastsattes til $\lambda_H = 50$. Froudes modellov medfører herefter tidsmålestokken

$$\lambda_t = \frac{\lambda_L}{\sqrt{\lambda_H}} = \frac{100}{\sqrt{50}} = 14,1$$

Bølgeperioderne i naturen på 4,3 sec og 7,1 sec skal herefter i modellen være 0,3 sec og 0,5 sec.

Iøvrigt blev modellen opbygget i så god overensstemmelse med prototypen som muligt. Stenkastningerne blev opbygget med impermeabel kerne og til trods for de forskellige højde- og længdemålestokke, blev slæbestedet opbygget med skråningshældning svarende til den virkelig forekommende med henblik på at opnå den rette refleksion. Modellen blev udført med vandret bund i overensstemmelse med prototypen.

6. Udførte forsøg

Der blev i alt udført 22 forsøg med forskellige udformninger af forhavn eller stenkastning i auktionshalbassin påvirket af bølger med varierende retning og periode.

På bilag 1, 2, 3, 4 og 5 er vist de undersøgte udformninger af havnen, samt målepunkter for måling af bølgehøjde.

I nedenstående skema er anført resultaterne af de 22 forsøg.

	Havneudformning	nr.	Bølgeperiode sec.	Relativ bølgehøjde							
				Målepunkt							
				1	1a	2	3	4	5	6	7
Bølger fra Ø	Nuværende forhold	1	0,3	1,0	1,0	0,58	0,19	0,19	0,19	0,10	0,19
		2	0,5	1,0	1,0	0,62	0,15	0,25	0,18	0,24	0,15
		3	0,3	1,0	1,0	0,63	0,23	0,23	0,15	0,23	0,23
		4	0,5	1,0	1,0	0,62	0,19	0,24	0,19	0,19	0,19
	Stenkastning i auk.bass.	5	0,5	1,0	-	-	-	0,17	0,15	0,10	-
		6	0,5	1,0	-	-	-	0,17	0,17	0,13	-
	Projekt efter civ. ing. Bülow Beck	7	0,3	1,0	0,54	0,15	0	0,08	0,08	0,08	0
		8	0,5	1,0	0,64	0,20	0,08	0,08	0,04	0,08	0,08
		9	0,5	1,0	0,58	0,24	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
	Alternativ A	10	0,3	1,0	0,38	0,17	-	-	-	-	-
		11	0,5	1,0	0,32	0,16	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
		12	0,5	1,0	0,29	0,09	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
	Alternativ B	13	0,3	1,0	0,33	0,13	-	-	-	-	-
		14	0,5	1,0	0,27	0,14	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
		15	0,5	1,0	0,25	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Alternativ C	16	0,5	1,0	0,49	0,13	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04
Bølger fra SØ	Nuværende forhold	17	0,5	1,0	1,0	0,30	0,10	0,13	0,13	0,10	0,03
		18	0,5	1,0	1,0	0,18	0,15	0,08	0,09	0,08	0,06
	Projekt efter B.B.	19	0,5	1,0	0,36	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	Alternativ A	20	0,5	1,0	0,56	0,28	0,04	0,11	0,07	0,07	0,04
	Alternativ B	21	0,5	1,0	0,54	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	Alternativ C	22	0,5	1,0	0,54	0,13	0,04	0,06	0,05	0,05	0,03

7. Oversigt over forsøgsresultater

Under hensyntagen til målenøjagtigheden ved forsøgene kunne det konstateres, at bølgeperioden ikke havde indflydelse på bølgehøjdekoefficienterne i det undersøgte interval. Endvidere viser resultaterne, at bølgehøden i auktionshalbassinet ikke varierer væsentligt i de tre målepunkter.

På grundlag heraf kan forsøgsresultaterne resumeres i nedenstående skema.

Havneudformning		Forsøg nr.	Relativ bølgehøjde					
			Målepunkt					
			1	1a	2	3	4-5-6	7
Bøl- ger fra Ø	Nuværende forhold	1-4	1,0	1,0	0,57	0,19	0,20	0,19
	Stenkastning	5-6	1,0	-	-	-	0,15	-
	Projekt efter Bülw Beck	7-9	1,0	0,59	0,20	0,08	0,07	0,08
	Alternativ A	10-12	1,0	0,33	0,14	0,04	0,04	0,04
	Alternativ B	13-15	1,0	0,28	0,12	0,04	0,04	0,04
	Alternativ C	16	1,0	0,49	0,13	0,04	0,05	0,04
Bøl- ger fra SØ	Nuværende forhold	17-18	1,0	1,0	0,24	0,13	0,10	0,05
	Projekt efter Bülw Beck	19	1,0	0,36	0,10	0,04	0,04	0
	Alternativ A	20	1,0	0,56	0,28	0,04	0,08	0,04
	Alternativ B	21	1,0	0,54	0,10	0,04	0,04	0
	Alternativ C	22	1,0	0,54	0,13	0,04	0,05	0,03

8. Beregning af hyppigheden af bølgeuro

En vurdering af de forbedringer en ny forhavn vil medføre, må nødvendigvis basere sig på viden om den hyppighed, hvormed bølgeuro optræder.

For at kunne overføre modelforsøgene til de virkelige forhold, er det derfor nødvendigt at kende hyppigheden af bølgehøjder og retninger umiddelbart uden for havnen.

Som tidligere nævnt foreligger der ingen bølgemålinger ved Strandby og iøvrigt heller ikke ved andre lokaliteter ved Nordjyllands Kattegatkyst.

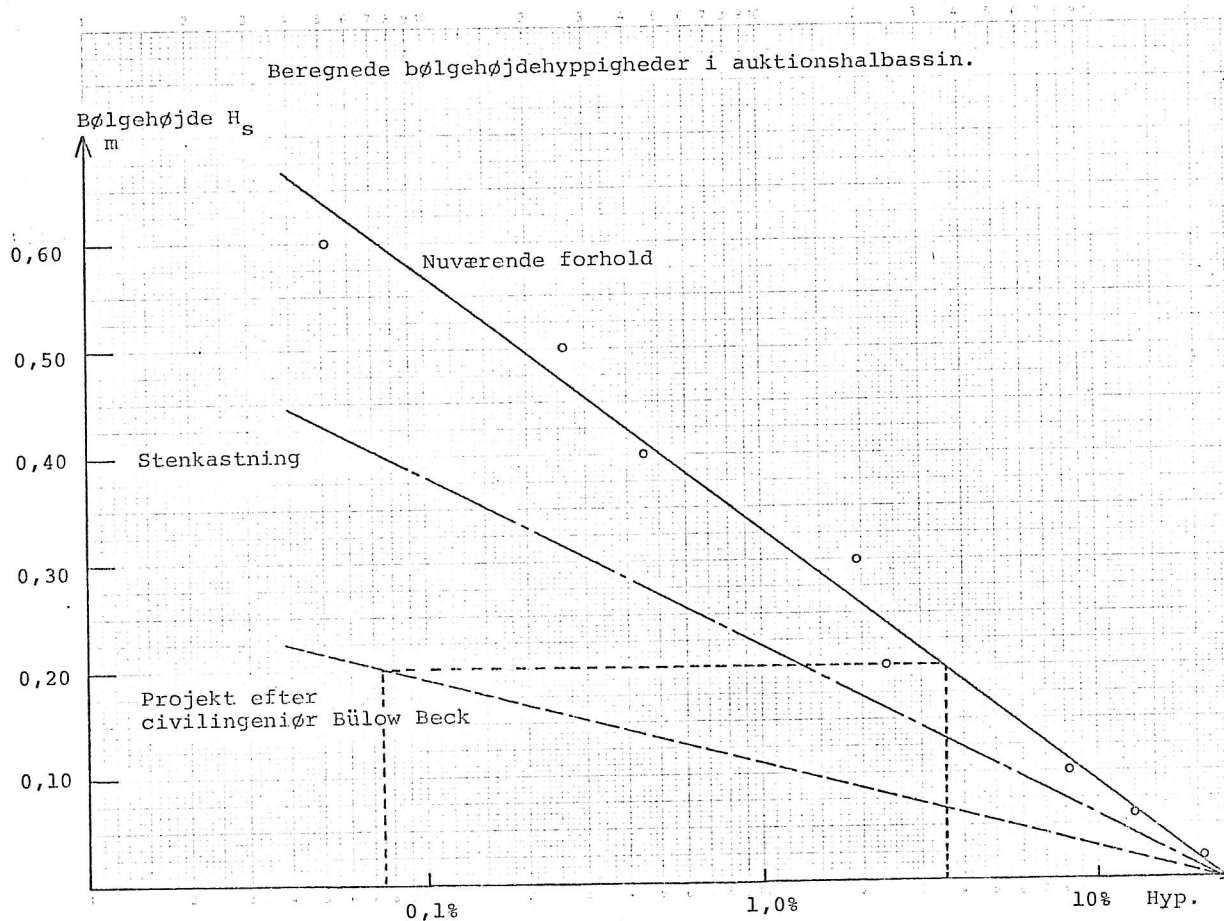
Laboratoriet har derfor foretaget en teoretisk beregning af bølgeforholdene uden for havnen og på grundlag af modelforsøgene overført resultaterne til forholdene inde i havnen.

Denne beregning er foretaget på følgende måde:

1. På grundlag af vindstatistik for Skagen fyr beregnes ved hjælp af fritstrækdiagrammer en række sammenhørende værdier af hyppighed, bølgehøjde, bølgelængde og bølgeretning ud for Hirsholmene. (Der er regnet med 8 retningssektorer og 4 vindstyrker i hver af disse sektorer d.v.s, beregningen er foretaget med 32 sammenhørende værdier af de nævnte størrelser).
2. For hver af disse sammenhørende værdier er foretaget en beregning af den ændring i bølgehøjde, længde og retning, som bølgerne har undergået på grund af refraktionen undervejs til området ud for Strandby.

Denne beregning er foretaget på grundlag af konklusioner, som er draget af de på bilag 6, 7 og 8 optegnede tilfælde af refraktion af bølger fra tre forskellige retninger. I sektoren fra N til Ø (se bilag 6 og 7) lader refraktionen sig beregne ud fra antagelsen om, at bundkurverne er parallelle. I sektoren fra Ø til SSØ (se bilag nr. 8) beror bestemmelsen af refraktionen i højere grad på et skøn.

3. Ved hjælp af resultaterne fra modellforsøgene har det herefter været muligt at fremstille en bølgehøjdestatistik for forholdene inde i Strandby havn (se nedenstående diagram).

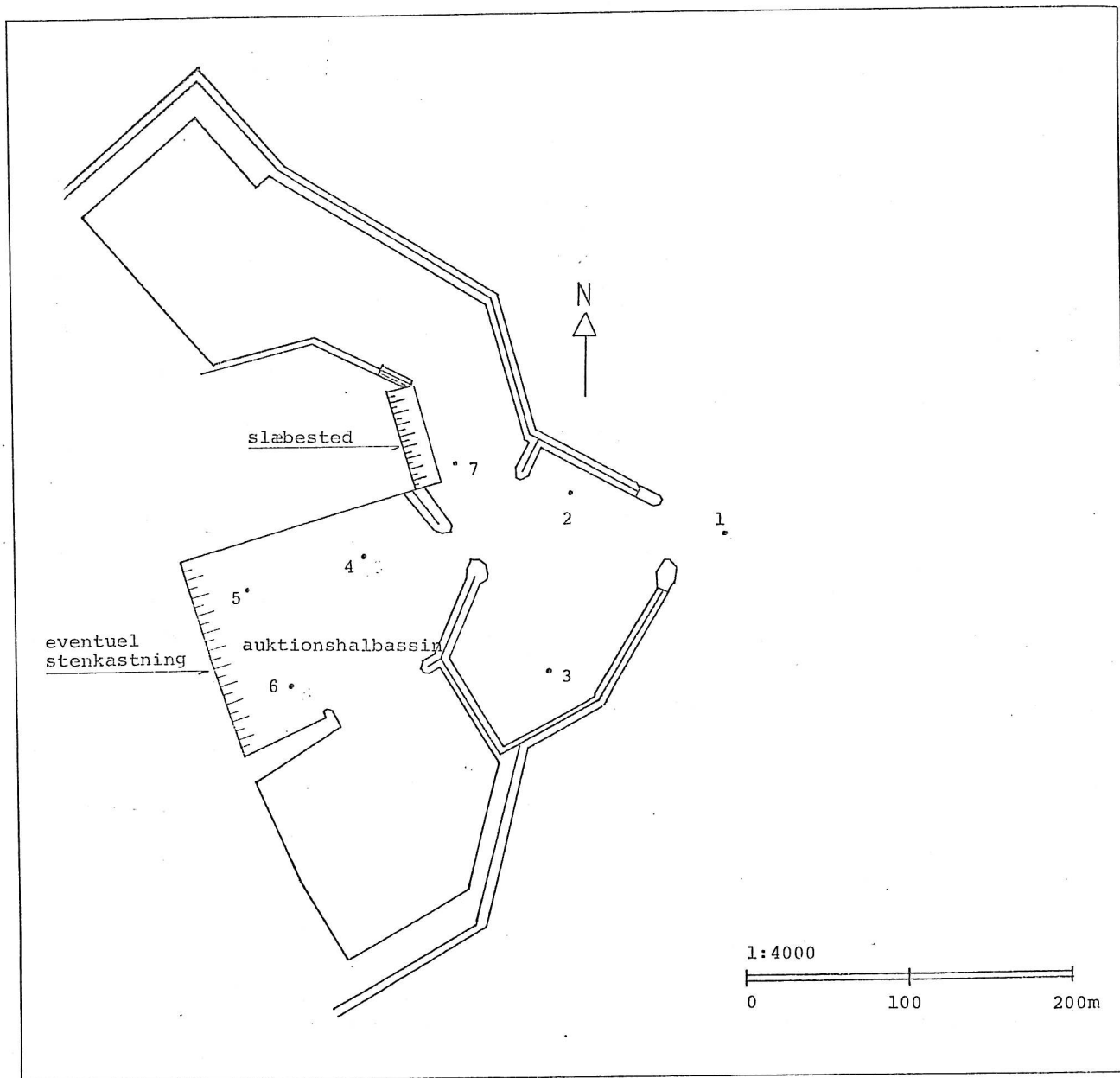


Brugen af diagrammet kan illustreres ved følgende eksempel:

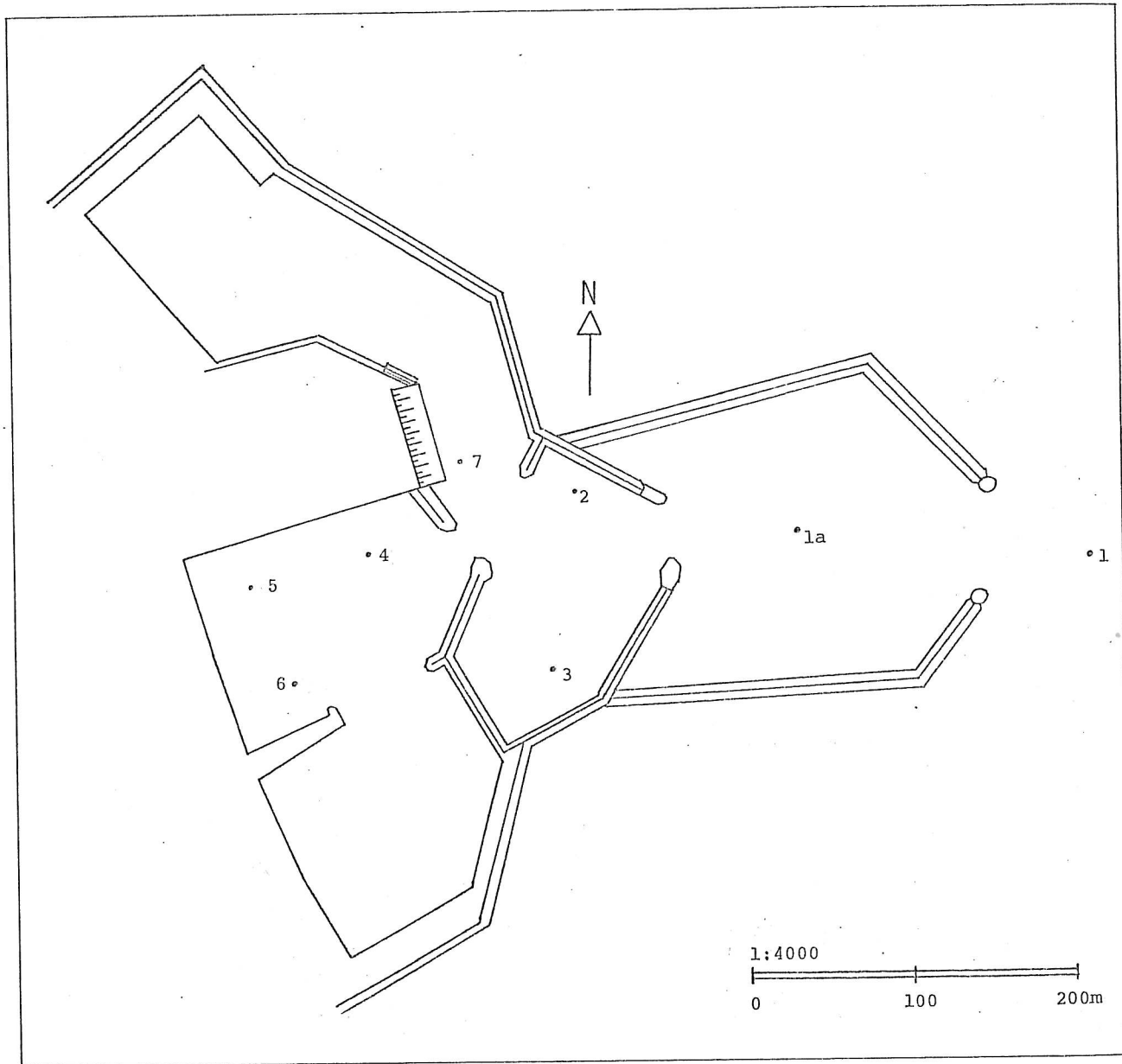
I diagrammet kan aflæses, at der i auktionshalbassinet i dag må forventes bølgehøjde på 20 cm eller større med en hyppighed på 3,5% svarende til ca. 13 døgn pr. år. Efter bygningen af en ny forhavn vil hyppigheden af bølgehøjder på 20 cm og derover være ændret til 0,075% eller ca. 6 timer pr. år i gennemsnit.

En beregning som her beskrevet bygger på en kraftig forenkling af de virkelige forhold. Der er bl.a. ikke taget hensyn til vindens påvirkning af bølgerne inden for Hirsholmene, og anvendelsen af fritstrækdiagrammer indebærer i sig selv en betydelig usikkerhed. Imidlertid må resultatet alligevel anses for at være det bedste på det nuværende grundlag.

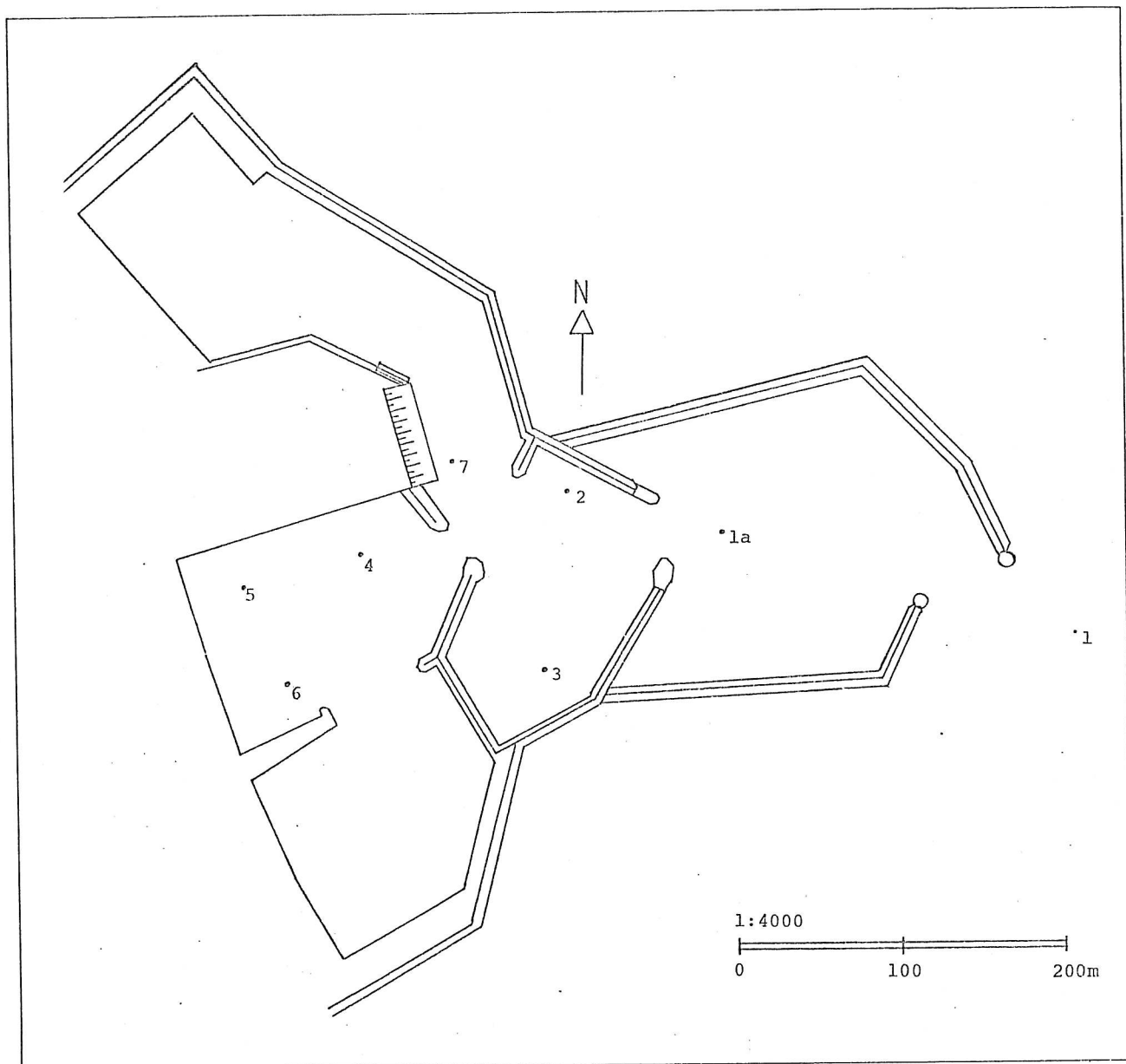
På grundlag af udtalelserne fra lokal side må det konstateres, at der i dag er gener i havnen i fra 1 til 5% af tiden. Af bølgehøjdestatistikken kan det aflæses, at forhavnsprojektet reducerer disse gener til kun at optræde omkring en halvtredssindstyvendel af den tid, hvor der i dag er gener, d.v.s. generne vil ikke optræde oftere end nogle få timer pr. år i gennemsnit.



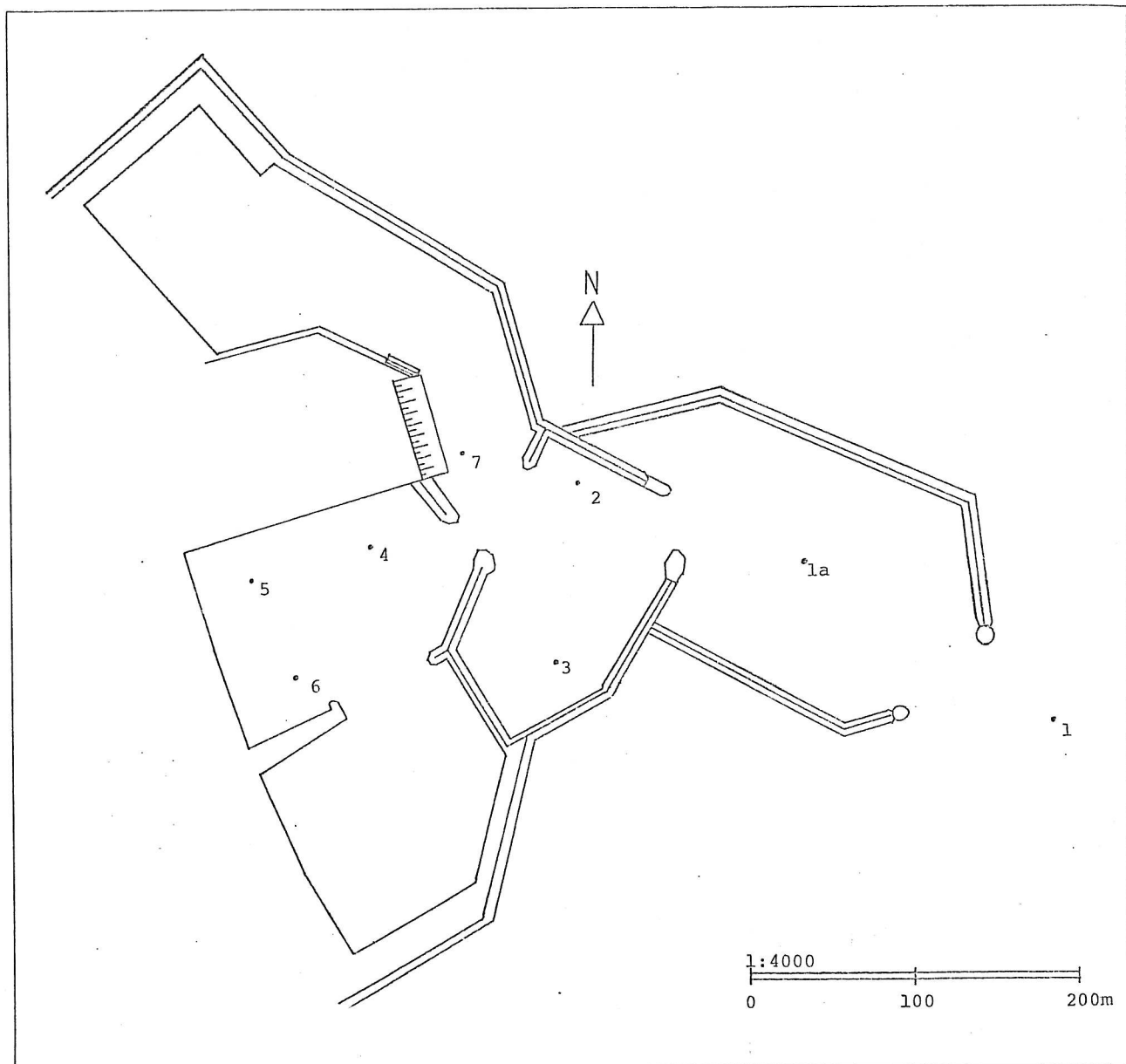
Strandby Havn Ny forhavn
 Modelforsøg med bølgeuro
 Bilag nr. 1
 Nuværende udformning.



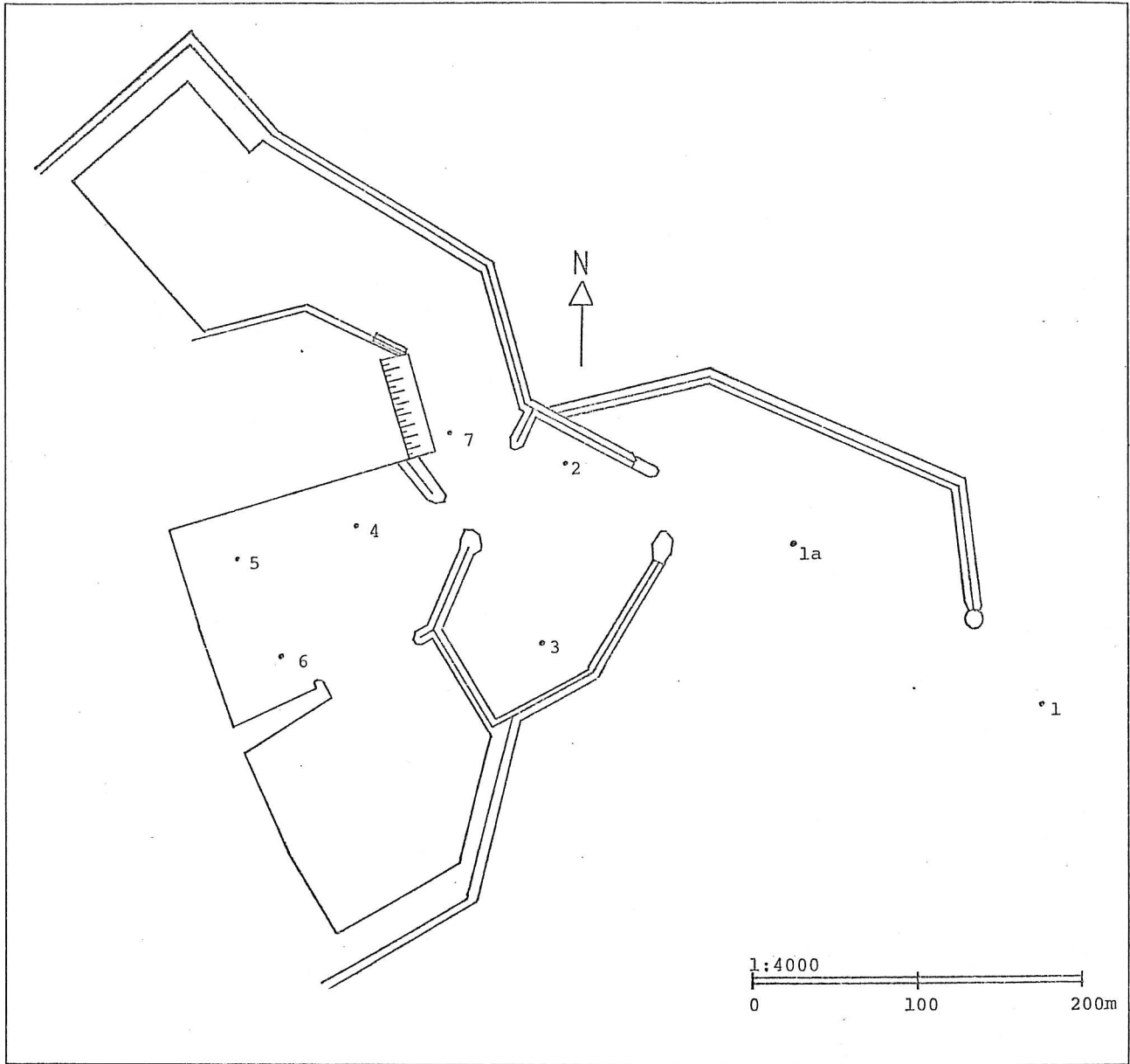
Strandby Havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro
Bilag nr. 2
Civilingeniør Bülow Becks
projekt til ny forhavn.



Strandby Havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro
Bilag nr. 3
Alternativ A.



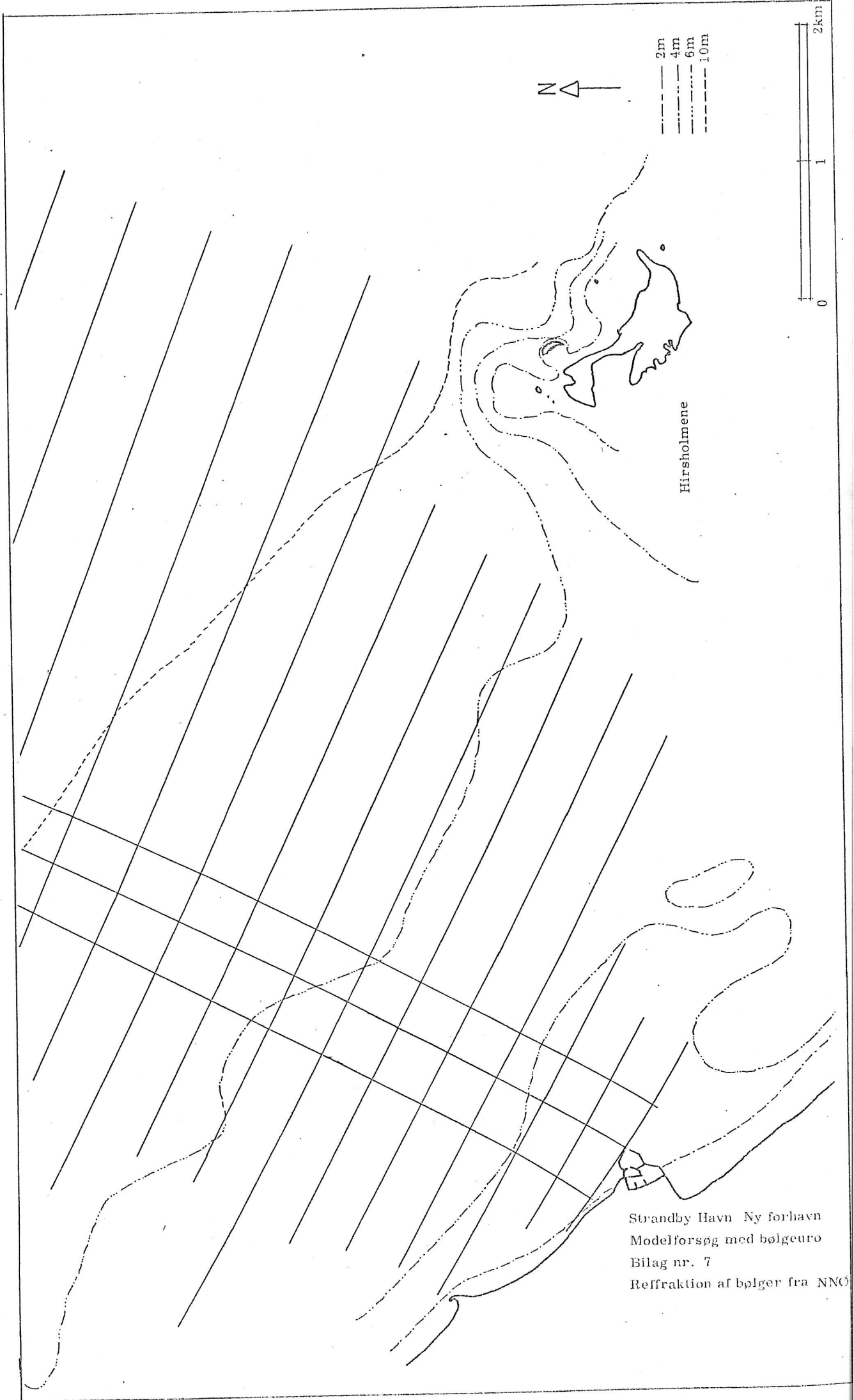
Strandby Havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro
Bilag nr. 4
Alternativ B.



Strandby Havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro
Bilag nr. 5
Alternativ C.



Strandby Havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro
Bilag nr. 6
Refraktion af bølger fra Ø.



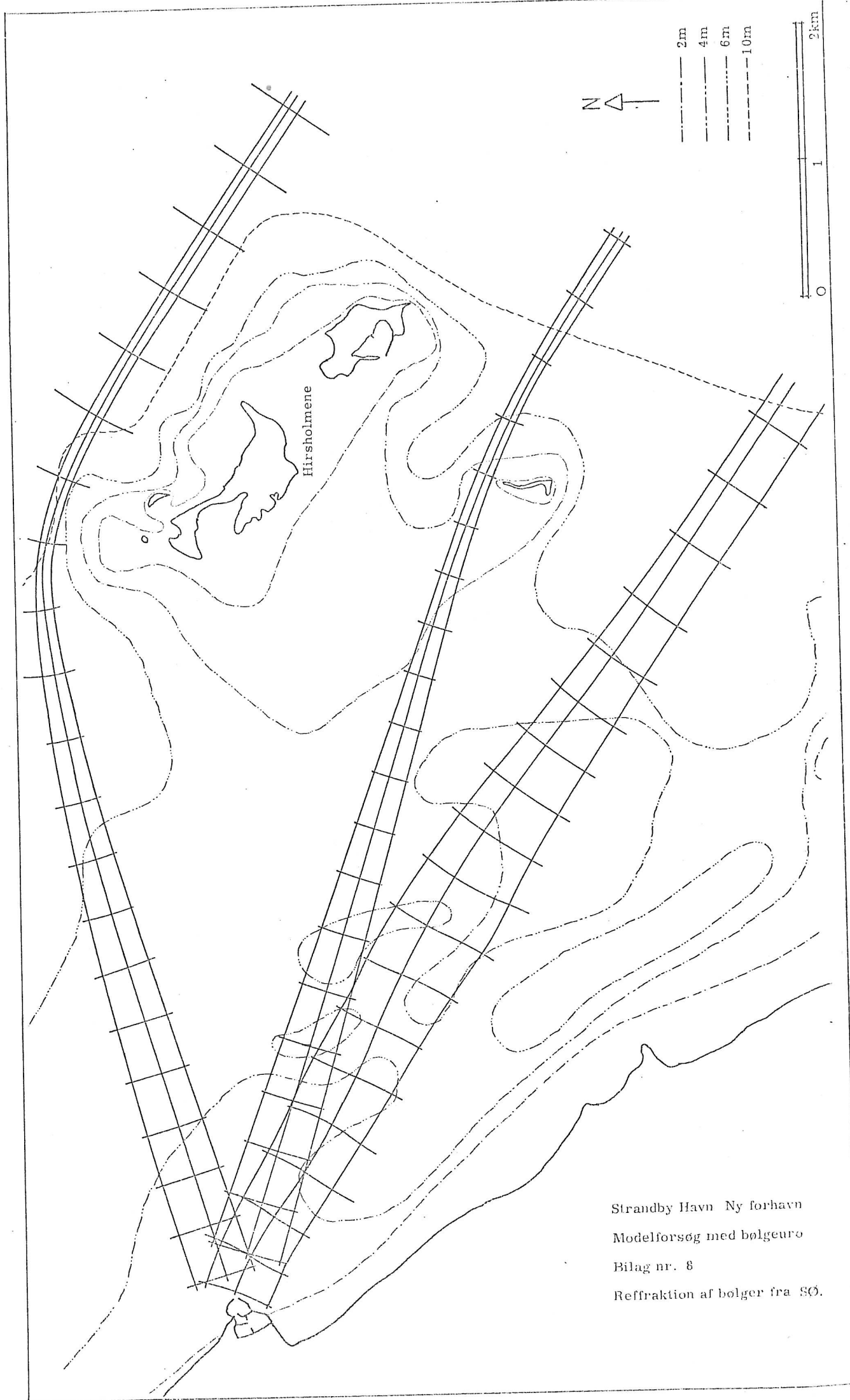
2m
4m
6m
10m

N

0 1 2 km

Hirsholmene

Strandby Havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro
Bilag nr. 7
Refraktion af bølger fra NNØ



Strandby Havn Ny forhavn
 Modelforsøg med bølgeuro
 Bilag nr. 8
 Refraktion af bølger fra SØ.

Bulletiner fra Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning:

- Bulletin nr. 1 H. F. Burcharth og Torben Larsen
"Introduktion af laboratoriet" december 1971
- Bulletin nr. 2 H. F. Burcharth og Torben Larsen
"Elementær laboratoriepraktik for bygningsingeniør-
studerende" april 1972
- Bulletin nr. 3 Michael Brørsen, H. F. Burcharth og Torben Larsen
"Stabilitet af doloskråninger" marts 1973
- Bulletin nr. 4 Strandby havn Ny forhavn
Modelforsøg med bølgeuro, april 1973