



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Rapport om: Modelforsøg med Hasle Havn

april 1987

Burcharth, Hans F.

Publication date:
1987

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Burcharth, H. F. (1987). *Rapport om: Modelforsøg med Hasle Havn: april 1987*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

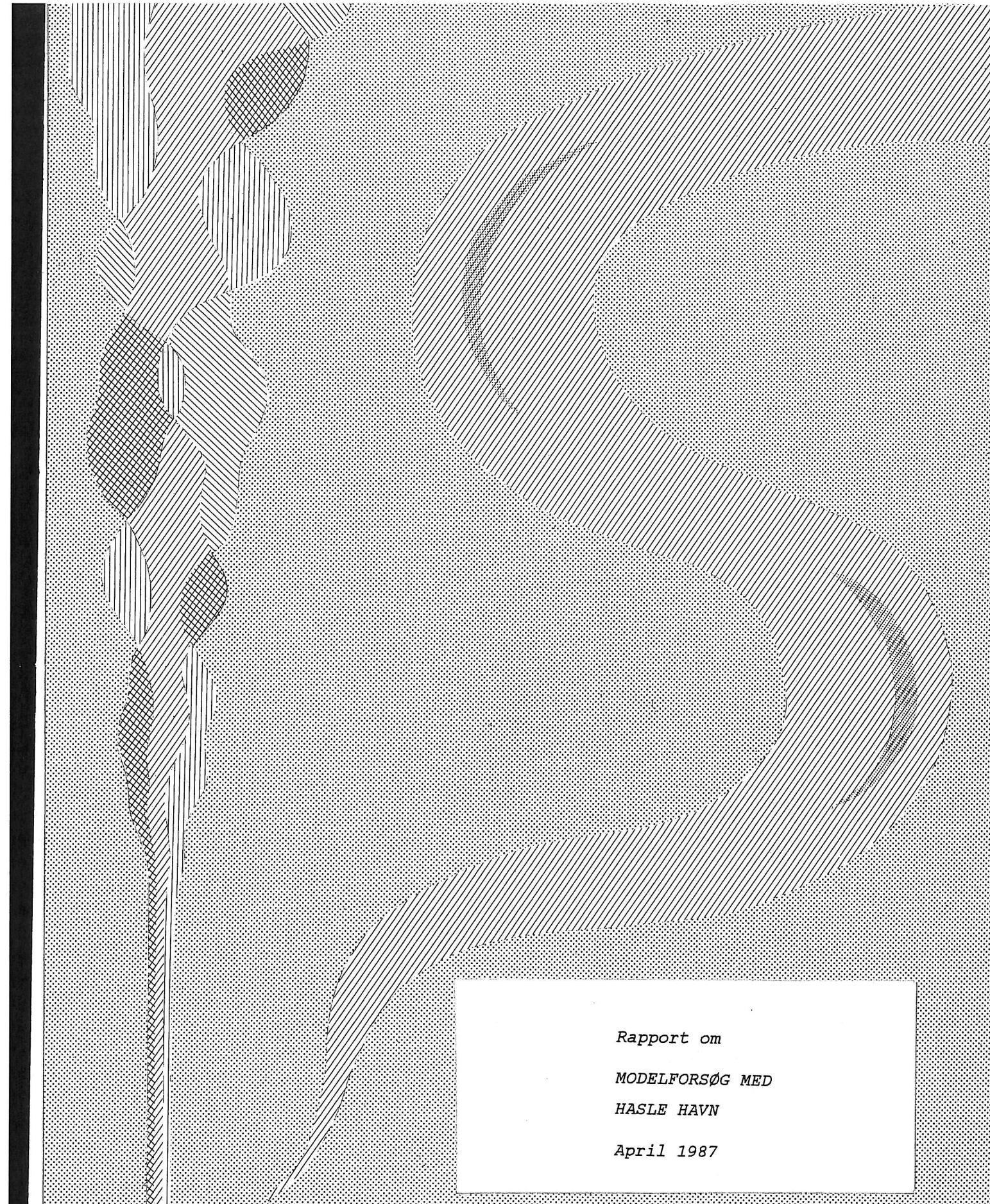
General rights

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.



Rapport om

MODELFORSØG MED

HASLE HAVN

April 1987

AALBORG UNIVERSITETSCENTER
LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
SOHNGARDSHOLMSVEJ 57 DK-9000 AALBORG DANMARK

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

Søhngårdsholmsvej 57, DK-9000 Aalborg, Danmark

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

Rapport om

MODELFORSØG MED

HASLE HAVN

April 1987

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	side	1
2.	Konklusion	side	2
3.	Bølge- og vandstandsforhold	side	3
3.1	Undersøgelse af vindforhold	side	3
3.2	Beregning af bølgeforhold ved havnemunding	side	3
3.3	Bølgeobservation og bølgemålinger	side	5
3.4	Vandstandsforhold	side	6
4.	Beskrivelse af model og modelforsøgsmetodik	side	8
5.	Modelforsøgsresultater	side	10
5.1	Eksisterende havneudformning	side	10
5.2	Eksisterende havneudformning med fjernelse af pieren imellem bassin I og II	side	10
5.3	Eksisterende havneudformning med etablering af kanal til kysten i bassin I	side	10
5.4	Forslag 2. Fritliggende bølgebrydere mod vest og nord, uden overlap af molehoveder	side	11
5.5	Forslag 2A. Som forslag 2 dog med landfaste moler	side	11
5.6	Forslag 2B. Som forslag 2A dog med forlængelse af vestmolen, således at denne overlapper nordmolen	side	11
5.7	Forslag 2B1. Landfast vest- og nordmole med overlap	side	11
5.8	Forslag 2B1 med opfyldning i søndre del af ny forhavn	side	11
5.9	Forslag 2B1 med opfyldning i søndre del af ny forhavn samt stenskråninger i bassin I og II	side	11
5.10	Forslag 2B1 med opfyldning i søndre del af ny forhavn samt stenskråning alene i bassin II	side	12
5.11	Forslag 2C. Landfast vestmole, ingen nordmole	side	12
5.12	Forslag 2D. Fritliggende (ikke-landfast) vestlig bølgebryder	side	12
5.13	Forslag 2E. Landfast nordmole samt vestbølgebryder med provisorisk kørevej med topkote +0,5	side	12
5.14	Forslag 2F. Fritliggende vestbølgebryder og landfast nordmole	side	13
6.	Fotobilag	side	14

Bilagsfortegnelse

Eksisterende havn. Bølgeretning WNW	Bilag 1.1
Eksisterende havn uden pier I-II. Bølgeretning WNW	Bilag 1.2
Eksisterende havn m. hul. Bølgeretning WNW	Bilag 1.3
Forslag 2. Fritliggende bølgebrydere. Bølgeretning WNW	Bilag 2.1
Forslag 2A. Landfast nord- og vestmole (kort vestmole). Bølgeretning WNW	Bilag 2.2
Forslag 2B. Landfast nord- og vestmole (snæver indsejling). Bølgeretning WNW	Bilag 2.3
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole. Bølgeretning NW	Bilag 3.1
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole. Bølgeretning NW (dønninger)	Bilag 3.2
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole. Bølgeretning W	Bilag 3.3
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole m. opfyldning. Bølgeretning NW	Bilag 3.4
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole m. skråninger i bassin I og II og opfyldning. Bølgeretning NW	Bilag 3.5
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole m. skråninger i bassin I og II og opfyldning. Bølgeretning WNW	Bilag 3.6
Forslag 2B1 Landfast nord- og vestmole m. opfyldning. Bølgeretning NW	Bilag 3.7
Forslag 2C Vestmole. Bølgeretning NW	Bilag 4.1
Forslag 2C Vestmole. Bølgeretning NW (dønninger)	Bilag 4.2
Forslag 2C Vestmole. Bølgeretning WNW	Bilag 4.3
Forslag 2C Vestmole. Bølgeretning W	Bilag 4.4
Forslag 2D Fritliggende vestbølgebryder. Bølgeretning WNW	Bilag 5.1
Forslag 2D Fritliggende vestbølgebryder. Bølgeretning W	Bilag 5.2
Forslag 2E Vestmole med lav adgangsdæmning og nordmole. Bølgeretning SW	Bilag 6.1
Forslag 2E Vestmole med lav adgangsdæmning og nordmole. Bølgeretning SW (dønninger)	Bilag 6.2
Forslag 2E Vestmole med lav adgangsdæmning og nordmole. Bølgeretning W	Bilag 6.3
Forslag 2E Vestmole med lav adgangsdæmning og nordmole. Bølgeretning WNW	Bilag 6.4
Forslag 2F Fritliggende vestbølgebryder og landfast nordmole. Bølgeretning SW	Bilag 7.1
Forslag 2F Fritliggende vestbølgebryder og landfast nordmole. Dønningsretning SW	Bilag 7.2

1. Indledning

På foranledning af Dansk Geoteknik A/S har laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, AUC udført modelforsøg til bestemmelse af bølgeuroen i den eksisterende havn ved udførelse af nye dækmoler.

Baggrunden for forsøgene er de utilfredsstillende liggeforhold, som er observeret under pålandsstørme, dvs. ved kraftige bølger fra sektoren SW-W-NW.

I forbindelse med planlægningen af modelforsøgene blev den 6.1.1987 afholdt et møde i Hasle, hvori deltog

Havneudvalget, Hasle
 Kommuneingeniør P. Kyhn
 Havnefoged B. Jensen
 Repræsentanter for fiskerne
 Direktør C.P. Olsen, Dansk Geoteknik A/S
 Ingeniør N. Nondal, Dansk Geoteknik A/S
 Ingeniørdocent H.F. Burcharth, AUC.

På mødet blev fremlagt og diskuteret 4 skitser til udformning af ny dækværker. Skitserne, der med følgebrev af 19.12.1986 blev fremsendt til AUC, viser dels et fritliggende dækværk, som undersøgt ved modelforsøgene i juni 1984 (skitse 1), dels en landfast vestre mole med havneindsejling mod NW (skitse 2), dels to fritliggende dækværker symmetrisk placeret omkring en omtrent vestvendt havnemunding (skitse 3) og dels to fritliggende dækværker som skitse 3, dog med det nordre dækværk reduceret i længde og placeret tæt på den eksisterende nordre mole (skitse 4).

Af de 4 løsninger var der blandt mødedeltagerne gennemgående størst tiltro til skitse 2.

På spørgsmål om karakteren af de nuværende gener blev følgende oplyst:

Størst uro i bassinerne optræder ved kraftig sø fra W og WSW. I modsætning til tidligere anses NW for mindre farlig i forhold til W og WSW. Revne med bundkote -3,7 m nord og syd for den gamle havnefyrlinie eksisterer ikke mere. En ny pejling vil blive foretaget og fremsendt til AUC.

Svingningerne (uroen) forekommer i alle bassiner undtaget i det ny lystbådehavnsbassin, der er indrettet i forhavnen.

Svingningen i bunden af bassin III blev skønnet til at have en periode på 0,5 - 1 minut med langsom stigning og hurtig sækning. Der opstår meget kraftig strøm og hvirveldannelse ved indsnævringerne imellem bassinerne I, II og III. Mere præcise oplysninger om bølgeuroen kunne ikke gives.

Der er foretaget visuelle observationer af bølger i og ved havnen. Disse er ved følgebrev af 27.3.1987 fremsendt til AUC, jf. afsnit 3.

H.F. Burcharth opfordrede til, at der blev foretaget yderligere og mere præcise målinger af bølgeuroen i havnen. Specielt bølgeperioderne har interesse for bedømmelsen af de forslag til forbedringer, som skal prøves ved modelforsøg.

Ved følgebrev af 13.3.1987 har Dansk Geoteknik A/S til AUC fremsendt en pejleplan af området uden for havnen samt en situationsplan af havnen (begge dateret 10.3.1987). Endvidere en tegning dateret 6.6.1986 visende snit i tværmolen foran bådehavnsbassinet. Pejleplanen viser, at de to rev foran havnen ikke eksisterer mere; tværtimod er der nordvest for havnemundingen dybder på op til 7,0 m D.V.

Undersøgelserne er udført på grundlag af de af Dansk Geoteknik A/S udarbejdede oplæg.

Den 3.4.1987 blev der i Aalborg afholdt besigtigelse af modelforsøgene med deltagelse af

Egon Mogensen	bruger
Kenny Persson	bruger
Anders Andersen	bruger
Poul Kyhn	kommuneingeniør
Børge Jensen	havnefoged
Niels Norbye	havneudvalget
Frede Engell-Hansen	fmd. for havneudvalget
Lis Dahl	havneudvalget
Eva Tanggaard	havneudvalget
Mogens Dam	havneudvalget
Ole Kofoed	havneudvalget
Kaj Kofoed	havneudvalget
Karen-Margrethe Hansen	Bornholms Tidende
Knud Andersen	borgmester
C.P. Olsen	Dansk Geoteknik A/S
Niels Nondal	Dansk Geoteknik A/S
Michael Brorsen	AUC
Peter Frigaard	AUC
H.F. Burcharth	AUC

Ledelse af modelforsøg og rapportering er forestået af ingeniørdocent H.F. Burcharth. Herudover har lektor, civ.ing. Michael Brorsen og civ.ing. Peter Frigaard medvirket ved modelforsøgenes gennemførelse. Model- og målearbejde er udført af laborant Werner Nielsen og laborant Jørgen Sørensen.

2. Konklusion

Forsøgene viste, at en landfast nordmole samt en landfast vestmole med hoved beliggende mindst 45 m nord for nordmolens hoved kan reducere de kortperiodiske bølger i de urolige bassiner I, II, III og IV til et niveau, der skønnes acceptabelt for fiskefartøjer. Endvidere viste forsøgene, at moleløsningen indebærer, at de i dag uacceptable langperiodiske svingninger i det mindste halveres i forhold til nuværende tilstande, men ikke fjernes. Kraftige dønninger fra NW, genereret af NE-storm, kan dog stadig give store langperiodiske svingninger, specielt i bassin II. En stenskråning (brokaj) langs bassinets østkaj kan antagelig kun reducere svingningerne i begrænset omfang.

En åben kanal imellem bassin I og kysten havde ingen positiv virkning på de langperiodiske svingninger.

Forsøgene viste, at de langperiodiske svingninger, der skyldes bølgegruppefremkaldte vandspejlssvingninger (surf beat) på den lave, flade kyst, ikke kan fjernes uden at man lukker havnen i en sådan grad, at ind- og udsejling med fragtskibe umuliggøres. Den ved forsøgene fundne bedste moleudbygningsløsning, som er vist på omstående tegning, er således et kompromis imellem bassinuro og manøvreringsforhold.

En opfyldning i den nye forhavns sydlige hjørne vil, såfremt den afsluttes med en flad stenskråning, kun betyde en marginal forøgelse af bassinuroen.

Vestmolen kan udføres som en fritliggende bølgebryder med en lav (kronekote +0,5 m) adgangsdæmning uden at bølgeuroen i bassinerne forværres signifikant.

Fjernelse af pieren imellem bassinerne I og II synes ikke at forbedre forholdene i bassinerne.

Bassin V vil efter bygning af de undersøgte nye landfaste nord- og vestmoler fortsat være uden bølgeuroproblemer. Erstattes vestmolen med en fritliggende bølgebryder kan SW-bølger give en del uro i bassin V.

3. Bølge- og vandstandsforhold

I forbindelse med de i juni 1984 udførte modelforsøg er bølge- og vandstandsforhold undersøgt og beskrevet som følger:

3.1 Undersøgelse af vindforhold.

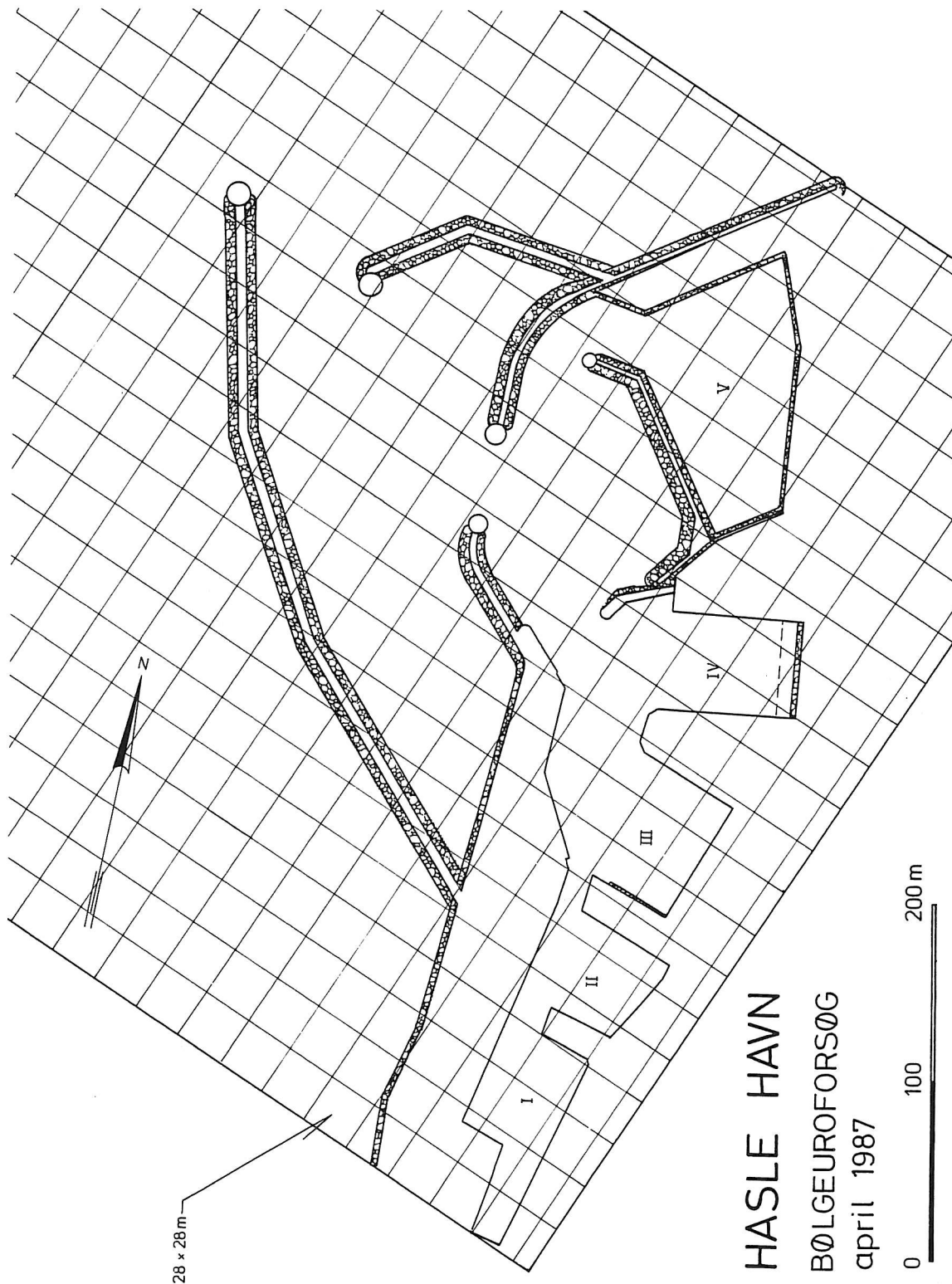
Ud fra vindobservationer fra Sandvig, Christiansø fyr og Dueodde fyr i årene 1931-1960 er fundet følgende gennemsnitlige overskridelseshyppigheder.

Vindhastighed i m/sek	Overskridelseshyppighed i timer pr.år (45°-sektor)			
	Vinde fra SW	Vinde fra W	Vinde fra NW	Vinde fra N
14	76	127	48	31
17	30	48	13	13
20	9	13	<4	<4
25	<5	<4	~0	~0

3.2 Beregning af bølgeforhold ved havnemunding.

Det "frie stræk", hvor over de bølger, som når havnemundingen dannes, vil i en 45°-sektor omkring W stort set være ca. 150 km.

For retninger i en 45°-sektor omkring NW vil det frie stræk variere imellem ca. 40 km og 80 km.



Moleudformning som - på grundlag af forsøgsresultater og drøftelser med Dansk Geoteknik A/S og repræsentanter for Hasle Kommune - må anses for det bedste kompromis imellem bølgeuro og manøvreringsforhold.

For retninger i en 45°-sektor omkring SW vil det frie stræk variere imellem ca. 100 km og 250 km med maksimum i retning WSW.

Under hensyntagen til varigheden af bølgeforplantningen over det frie stræk vælges som grundlag for en orienterende beregning af bølgeforholdene under stormsituationer, der i gennemsnit optræder 1 gang pr. år, en vindhastighed på 20 m/sek for bølger fra den vestlige, nordvestlige og sydvestlige sektor.

Under disse forudsætninger beregnes nedenstående data for den "signifikante bølge" (middel af den højeste tredjedel af bølgerne) på 6,0 m's vanddybde foran havnen. Det bemærkes, at de angivne bølgehøjder er behæftet med nogen usikkerhed på grund af bølgebrydningen foran havnen. Værdierne må dog betragtes som værende på den sikre side.

Vindsektor (45°)	Data for signifikante bølger		
	højde i m	periode i sek	længde i m
SW	≤3,7	≤7,5	≤55
W	≤3,5	≤7	≤50
NW	≤3,0	≤6	≤40

Drejningen af bølgefronterne på grund af refraktion vil for bølger fra den vestlige sektor være ubetydelig, hvorimod stormbølger fra den nordvestlige til nordlige sektor samt den sydvestlige sektor vil ændre retning mod en mere østlig udbredelsesretning.

3.3 Bølgeobservation og bølgemålinger.

Ved et møde den 5. april 1979 i Hasle i forbindelse med modelforsøgene i 1979 blev det bl.a. af havnefoged Børge Jensen oplyst, at stormbølgehøjden foran havnen skønnedes til ca. 3 m både ved vestlige og nordvestlige vinde. Endvidere blev det oplyst, at nordvestlige vinde forårsagede den største bølgeuro både i forhavn og i de indre bassiner. Endvidere at dønning fra nordøststorme kunne forårsage seiching i de indre bassiner med store fortøjningsvanskeligheder for skibene som følge. Sidstnævnte problem er ikke behandlet i modelforsøgene.

Dansk Hydraulisk Institut (DHI) har for Rønne kommune udført bølgemålinger på 10 m's vanddybde ud for Rønne havn i perioden 11.12.75 til 9.6.76. Idet bølgeklimaet under sydvestlige, vestlige og nordvestlige vinde må antages næsten identiske på relativt dybt vand ud for Rønne og Hasle, kan resultatet af de udførte målinger anvendes i forbindelse med nærværende undersøgelse. Fra DHI's rapport refereres følgende resultater:

Langtidsstatistik for bølgehøjder

Bølgeretning på dybder ≥ 20 m (22°, 5 sektorer)	Signifikant bølgehøjde på dybt vand ved overskridelseshyppighed svarende til	
	12 timer pr. år	1 time pr. år
SW	2,2 m	2,7 m
WSW	2,9 m	3,5 m
W	2,8 m	3,1 m
WNW	2,5 m	3,0 m
NW	1,6 m	2,4 m
NNW	1,3 m	1,9 m

Bølgeperioder

For retningsintervallet SSW-NW er sammenhængen mellem signifikant bølgehøjde H_S og middelbølgeperioden T_Z med god tilnærmelse givet ved $T_Z = 10,6 \sqrt{H_S/9,81}$, hvilket eksempelvis giver følgende sammenhængende værdier:

H_S i m	T_Z i sek
2,0	4,8
2,5	5,4
3,0	5,9
3,5	6,3

Bølgespektre

På grundlag af spektralanalyse af 6 stormmålinger anføres, at størstedelen af bølgeenergien ligger på perioden mellem T_Z og $2T_Z$.

3.4 Vandstandsforhold.

Ifølge oplysning fra kommuneingeniør og havnefoged i Hasle vil kraftige vest- og nordvestlige vinde normalt give lavvande. Fra "Den Danske Havnelods" citeres: Forskel mellem middel-højvande og middel-lavvande 0,5 m. E- og NE-lig storm kan give indtil 0,8 m højvande og SW- og W-lige vinde indtil ca. 0,8 m lavvande.

Ved modelforsøgene regnes med vandstande i D.V.

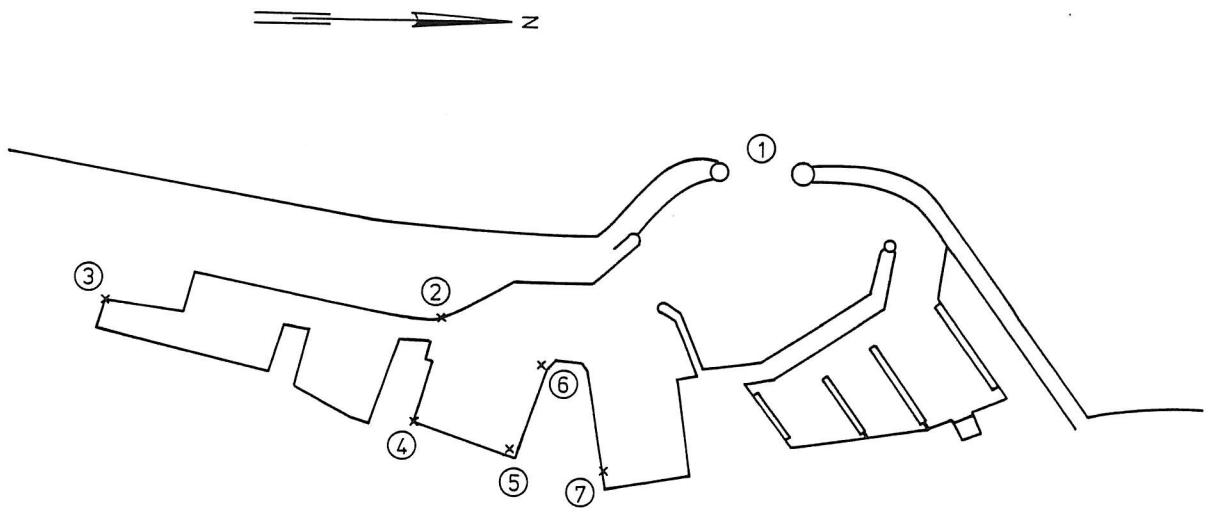
Som supplement til ovenstående er det som ovenfor anført oplyst på møde den 6.1.1987 i Hasle, at det i dag er vinde fra W og WSW der forårsager den kraftigste bølgeuro i havnebassinerne I, II, III og IV.

Dansk Geoteknik A/S har foranlediget udført visuelle bølgeobservationer ved havnemunding og seks steder i bassinerne i perioden 25.10.86-20.3.87.

Observationerne dækker situationer med kraftig vind/bølger i hovedsagen fra den vestlige sektor. De fundne dæmpningskoefficienter fremgår af nedenstående skema og skitse udarbejdet af Dansk Geoteknik A/S

Omtrentlige bølgedæmpningskoefficienter beregnet på grundlag af observationer i havnen i perioden 25.10.1986-20.3.1987.

Punkt	Vind	S	SSW	SW	WSW	V	WNW	NW
2		0,13	0,13	0,12	0,17	0,18	0,19	0,25
3		0,07	0,07	0,06	0,08	0,10	0,10	0,13
4		0,08	0,08	0,14	0,23	0,20	0,23	0,25
5		0,17	0,18	0,24	0,26	0,28	0,28	0,30
6		0,17	0,16	0,21	0,25	0,28	0,28	0,30
7		0,06	0,06	0,11	0,12	0,15	0,16	0,20



Skitse med placering af punkter for bølgeobservation.

Det blev på mødet den 6.1.1987 oplyst, at NNE- og NE-storme kan mærkes ved Hasle, idet kraftige dønninger forplanter sig fra Hammeren ned langs kysten. På østkysten giver storme fra disse retninger bølger som på dybt vand har $H_S = 4,4-5,8$ m og $T_S = 9,0-11,0$ sek. Ud for Hasle havn skønnes de tilsvarende dønninger at have retning fra NW med $H_S \approx 2$ m og $T_S \approx 10$ sek.

På baggrund af ovenstående foreslås følgende bølgetilstande som grundlag for bedømmelse af bølgeforholdene i bassinerne:

Tabel 1. Forslag til bølgekarakteristika ud for havnen som grundlag for bedømmelse af bølgeuro

Retning	H_S (m)	T_Z (s)	
SW	2,7	5,6	(stormbølger på dybt vand)
WSW	3,5	6,3	"
W	3,1	6,0	"
WNW	3,0	5,9	"
NW	2,4	5,2	"
NNW	1,9	4,7	"
NW-NNW	2,0	8,5	(dønning foran havnemunding)

4. Beskrivelse af model og modelforsøgsmetodik

Da bølgeforholdene omkring havnen bl.a. er bestemt af vanddybderne blev bundtopografien i området genskabt i modellen.

Grundlaget for vanddybderne uden for havnen er en pejling udført den 22.1.1987 af landinspektør August Olesen, gengivet på Dansk Geoteknik A/S tegning 277.214.10 bilag 2 af 10.3.1987. Det bemærkes, at de tidligere eksisterende to 3,7 m grunde ud for havnen ikke mere er til stede, idet vanddybderne nu er ca. 6 m eller mere. Dette har ændret bølgeforholdene ved havnemundingen væsentligt for visse vindretninger.

Af hensyn til skalaeffekter blev modellen bygget størst mulig, hvilket med de givne faciliteter vil sige i længdemålestokforholdet 1:70.

Bunden er modelleret korrekt foran havnen indtil kote ca. -7,5 i NW-retning og ca. -10 i W- og SW-retning.

For at undgå uønsket brydning ved bølgegeneratorerne var vanddybden her svarende til ca. 14 m.

Forsøgene blev udført med to-dimensionale uregelmæssige bølger modelleret efter JONSWAP-spektret og i øvrigt i henhold til prototype bølgekarakteristika som givet i Tabel 1. Det endelige bølgeprogram er angivet nedenstående i Tabel 2. På den sikre side er stormbølgeperioder og -højder forøget lidt i forhold til de i Tabel 1 angivne ligesom dønningssituationer med retningerne SW og NW er undersøgt.

Det benyttede JONSWAP-spektrum er givet ved

$$S(f) = \frac{1,4}{\gamma} \frac{5}{16} H_S^2 f_p^{-4} f^{-5} \gamma^\alpha \exp\left(-\frac{5}{4} \left(\frac{f}{f_p}\right)^4\right)$$

$$\text{hvor } \alpha = \exp\left(-\frac{(f-f_p)^2}{2\sigma_f^2 f_p^2}\right)$$

$$f_p = \text{spidsfrekvens}$$

$$\sigma_f = 0,10 \quad \text{for } f \leq f_p$$

$$\sigma_f = 0,50 \quad \text{for } f > f_p$$

$$\gamma = 3,3$$

Tabel 2 Bølgeprogram for modelforsøgene

Bølgeretning ved havnemunding	H_S m	$T_P = 1/f_P$ sek	T_Z sek
NW	2,7	7,6	5,5
NW	2,0	11,7	8,5
WNW	3,1	8,1	5,9
W	3,3	8,7	6,3
SW	2,7	7,7	5,6
SW	2,0	11,7	8,5

I samtlige målepunkter blev bølgeforholdene registreret ved spektralanalyse af vandspejlsvariationerne. Herved kunne adskillelse imellem kortperiodiske og langperiodiske bølger foretages.

Når bortses fra langperiodiske bølger skønnes det, at maximal signifikant bølgehøjde ved liggepladserne ikke må overstige $H_S = 0,4$ m for større fiskefartøjer og $H_S = 0,2-0,3$ m for mindre fiskefartøjer og lystbåde.

Med udgangspunkt i Tabel 1 svarer dette skøn til følgende bølgedæmpningskoefficienter K , der defineres som forholdet imellem H_S på målestedet og H_S uden for havnen på ca. 6 m's vanddybde.

Tabel 3 Skøn over max. bølgedæmpningskoefficient K ved liggepladser (kun kortperiodiske bølger)

Bølgeretning ved havnemunding	K	
	Større fiskefartøjer	Mindre fiskefartøjer
SW	0,15	0,09
W	0,13	0,08
WNW	0,13	0,08
NW	0,17	0,10

Hvad angår tilladelige langperiodiske bølger kan ikke umiddelbart gives grænseværdier for højder, idet fartøjernes reaktion i høj grad afhænger af fortøjningsmåde samt hastighed og perioden af den strøm som de langperiodiske bølger genererer langs kajerne. Kun omfattende modelforsøg i stor skala omfattende hele havnen samt fortøjede modelskibe kan give svar på dette spørgsmål. Imidlertid kan det med erfaring i de eksisterende forhold skønnes, at en halvering af de nu optrædende maximalamplituder i middel sikrer rimelige forhold i bassinerne.

Forsøgene omfattede en lang række udformninger af ny dækværker samt modifikationer i nogle af de eksisterende bassiner. De enkelte udformninger, der fremgår af beskrivelsen af forsøgsresultaterne i afsnit 5, bygger på oplæg fra Dansk Geoteknik A/S, Havneudvalget og brugerne af Hasle Havn samt erfaring indvundet under modelforsøgene.

De ny dækværker blev udført med kronekote svarende til, at der ikke forekom egentlig overskyl af kronen. For vestmolen svarer dette til kote +3,5 m på

vanddybder ≥ 6 m aftagende til kote ca. 2,5 ved landenden. For nordmolens vedkommende var kronekoten +3,0 m ved molehovedet og ca. 2,5 m ved landenden. En enkel forsøgsserie, bilag 3.3 blev udført med lav vestmole med kronekote +2,5 m. Dette medførte dog kraftig overskyl der forøgede uroen i havnen.

5. Modelforsøgsresultater

Resultaterne fremgår af bilagene 1.1 - 6.4. På hvert enkelt bilag er havneudformning, bølgeforhold ud for havnen på ca. 6 m's vanddybde samt bølgedæmpningskoefficienterne angivet. Endvidere er i parentes angivet typiske værdier (fra mindste til største vandstand) af de langperiodiske vandspejlssvingninger i bassinerne.

Tabel 4 angiver dominerende perioder for de typiske langperiodiske svingninger, der blev konstateret i bassinerne. De mest dominerende perioder er understreget i tabellen.

Tabel 4 Periode i sek for typiske langperiodiske vandspejlssvingninger i bassinerne

Bassin				
I	310	<u>75</u>		
II	310	<u>75</u>		
III	310	117	75	<u>25</u>
IV	310	117	75	<u>25</u>
V	<u>310</u>	100		

5.1 Eksisterende havneudformning, bilag 1.1

Den eksisterende havneudformning blev undersøgt ved bølger fra WNW med $H_S = 3,1$ m og $T_P = 8,1$ sek. Forsøgene bekræftede, at i alle bassiner, undtaget det ny lystbådehavnsbassin i forhavnen (bassin V), var der stor bølgeuro både i form af kortperiodiske og langperiodiske bølger. Bølgedæmpningskoefficienterne fremgår af bilag 1.1. Det ses, at uroen er uacceptabel.

5.2 Eksisterende havneudformning med fjernelse af pieren imellem bassin I og II, bilag 1.2

Fjernelse af pieren ændrede ikke bølgeforholdene i positiv retning, jf. sammenligning af bølgedæmpningskoefficienterne i bilagene 1.1 og 1.2.

5.3 Eksisterende havneudformning med etablering af kanal til kysten i bassin I, bilag 1.3

Etablering af en ca. 15 m kanal med indløb beskyttet af en permeabel stenkastning ændrede ikke bølgeuroen (svag reduktion af kortperiodiske bølger og svag forøgelse af de langperiodiske bølger) bilag 1.3. Endvidere blev strømhvirvlerne imellem bassin I og II kraftigere men til gengæld meget svagere imellem bassin II og III.

5.4 Forslag 2. Fritliggende bølgebrydere mod vest og nord, uden overlap af molehoveder, bilag 2.1.

Uroen fra kortperiodiske bølger reduceret væsentligt i forhold til eksisterende forhold, men dog stadig for høj. Ingen reduktion af langperiodiske svingninger.

5.5 Forslag 2A. Som forslag 2 dog med landfaste moler, bilag 2.2.

Ingen væsentlig ændring i forhold til forslag 2.

5.6 Forslag 2B. Som forslag 2A dog med forlængelse af vestmolen, således at denne overlapper nordmolen, bilag 2.3.

Der observeres en væsentlig reduktion i såvel kortperiodiske bølger som i langperiodiske svingninger. Dæmpningen af de kortperiodiske bølger ved den undersøgte bølgeretning WNW er særdeles tilfredsstillende, jf. Tabel 3, og amplituden i de langperiodiske svingninger er nærmest halveret i forhold til eksisterende forhold.

Dette forslag undersøges nu for andre bølgeretninger dog med den modifikation, at havnemundingen gøres bredere ved en udretning af vestmolen, jf. de følgende forslag 2B1.

5.7 Forslag 2B1. Landfast vest- og nordmole med overlap, bilagene 3.1-3.3.

Det ses, at stormbølger fra NW-W dæmpes helt tilfredsstillende. Imidlertid giver kraftige dønningssituation med dønningssretning NW foran havnen store og ubehagelige langperiodiske svingninger i bassin II. Sådanne situationer svarer til at stormbølger fra NE løber rundt om Hammeren. Vestlige stormbølger giver også relativt kraftige langperiodiske svingninger i bassinerne I og II, svingninger som dog er signifikant mindre end ved den eksisterende havneudformning. Forsøget med bølger fra W blev udført med en lav mole med kronekote +2,5 m over DNN = MVS, dvs. 1 m lavere end de andre forsøg. Dette forhold har sikkert påvirket bølgeuroen noget i ugunstig retning. Det bemærkes, at for den givne havneudformning anses stormbølger fra SW for mindre farlige end stormbølger fra W.

5.8 Forslag 2B1 med opfyldning i søndre del af ny forhavn, bilag 3.4.

Ved sammenligning med bilag 3.1 ses, at opfyldningen kun giver ubetydelig forøgelse af uroen fra kortperiodiske bølger.

5.9 Forslag 2B1 med opfyldning i søndre del af ny forhavn samt stenskråninger i bassin I og II, bilag 3.5 og 3.6.

Det ses, at stenskråningerne stort set eliminerer de kortperiodiske bølger og dæmper de langperiodiske svingninger med 25% i bassin I ved

stormbølger fra NW. Ved stormbølger fra WNW reducerer stenskråningerne de langperiodiske svingninger i bassin I med ca. 30%, jf. bilag 2.3, medens de kortperiodiske, der dog i forvejen er ganske små, halveres i det nordlige bassinhjørne.

5.10 Forslag 2B1 med opfyldning i søndre del af ny forhavn samt stenskråning alene i bassin II, bilag 3.7.

Ved sammenligning med bilag 3.4 ses, at ved stormbølger fra NW giver opfyldningen i bassin II en meget væsentlig reduktion af de i forvejen acceptable kortperiodiske bølger, men ingen reduktion af de langperiodiske svingninger. Sidstnævnte må dog anses for værende moderate og acceptable.

5.11 Forslag 2C. Landfast vestmole, ingen nordmole, bilagene 4.1-4.4.

Ved sammenligning af bilagene 4.1 og 3.1 ses, at en løsning uden nordmole betyder en drastisk forværring af uroen, specielt i bassin II, ved stormbølger fra NW. Ved sammenligning af bilagene 4.2 og 3.2 ses, at ved kraftig NW'lig dønning vil løsningen uden nordmole betyde meget større og faktisk uacceptable kortperiodiske bølger i bassinerne II, III og IV. Ved denne dønningssituation betyder fjernelse af nordmolen ca. 50% forøgelse af de langperiodiske svingninger i bassinerne I og IV medens svingningerne i bassinerne II og III synes uændrede.

Ved sammenligning af bilagene 4.3 og 2.3 ses, at ved stormbølger fra WNW betyder fjernelse af nordmolen 100% forøgelse af de kortperiodiske bølger i bassinerne samt nogen forøgelse af de langperiodiske svingninger. Bilag 4.4 viser, at forholdene i bassin I under vestlig storm er helt tilfredsstillende, selv uden nordmole.

5.12 Forslag 2D. Fritliggende (ikke-landfast) vestlig bølgebryder, bilagene 5.1 og 5.2.

Ved sammenligning af bilagene 5.1 og 4.3 ses, at ved stormbølger fra WNW dæmper den fritliggende vestbølgebryder lige så effektivt som en landfast vestmole. Derimod ses ved sammenligning af bilagene 5.2 og 4.4, at ved vestlige stormbølger har landforbindelsen af molen stor betydning for dæmpningen af de langperiodiske svingninger i bassin I.

5.13 Forslag 2E. Landfast nordmole samt vestbølgebryder med provisorisk kørevej med topkote +0,5 m, bilagene 6.1-6.4.

Forsøgene, der er udført med bølger fra retningerne SW, W og WNW, viser, at de kortperiodiske bølger i bassinerne ikke overstiger værdier der skønnes acceptable. Hvad angår de langperiodiske svingninger er disse værst i bassin I og II, men dog omtrentlig halveret i forhold til de nuværende forhold. Bassin V kan tilsyneladende blive noget uroligt ved bølgeretning SW.

5.14 **Forslag 2F. Fritliggende vestbølgebryder og landfast nordmole, bilagene 7.1 og 7.2.**

Forsøgene, der er udført dels med stormbølger, dels med kraftig dønning fra SW, viser ved sammenligning med bilagene 6.1 og 6.2 (Vestmole med provisorisk kørevej) i gennemsnit en mindre forøgelse af bølgeuroen, men der er dog ingen rigtig klar tendens i alle bassiner. Bassin V er også her registreret som værende uroligt under SW-storm.

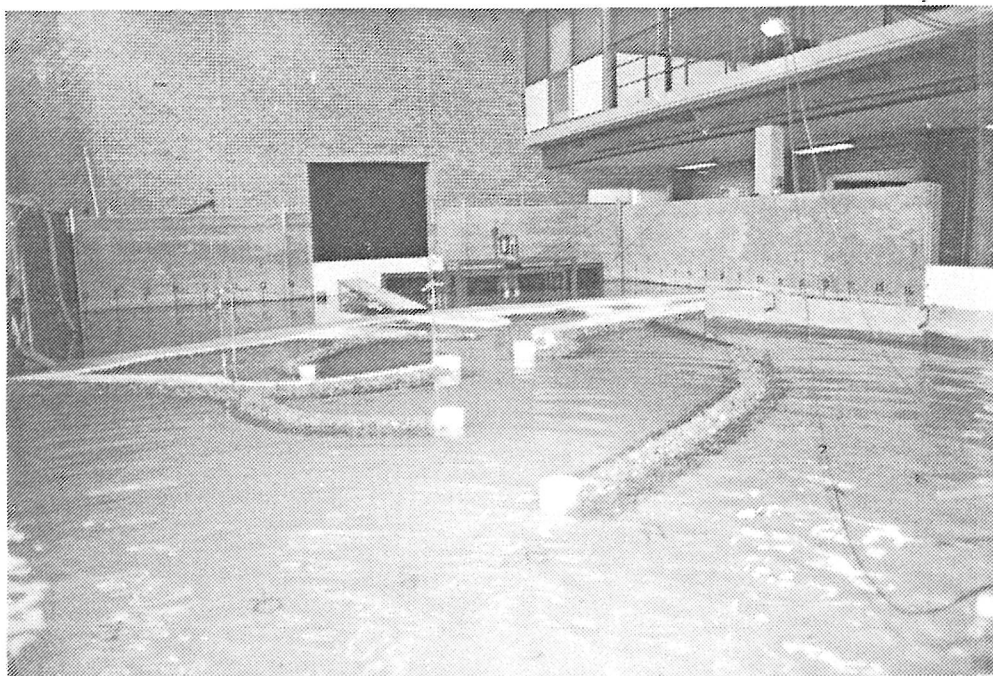
6. Fotobilag



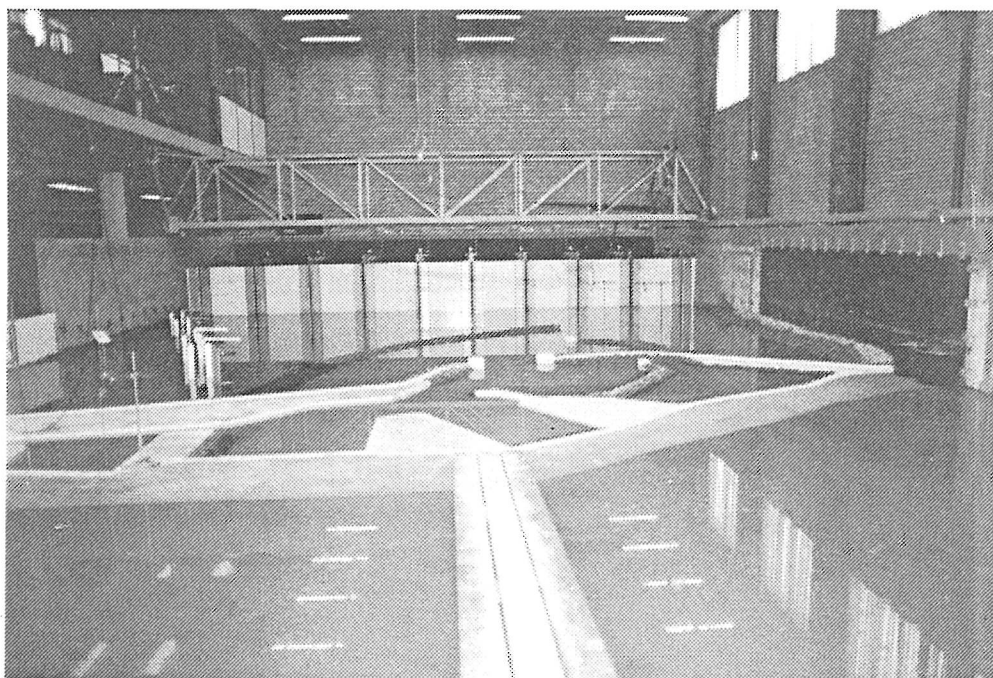
Model under opbygning



Forslag til udbygning af nordmole samt vestmole hvis inderste del er udført som adgangsvej med lav krone.



Forslag med ny nord- og vestmole set fra retning NW



Forslag med ny nord- og vestmole set fra land

FORSLAG: Eksisterende havn

BØLGERETNING: WNW

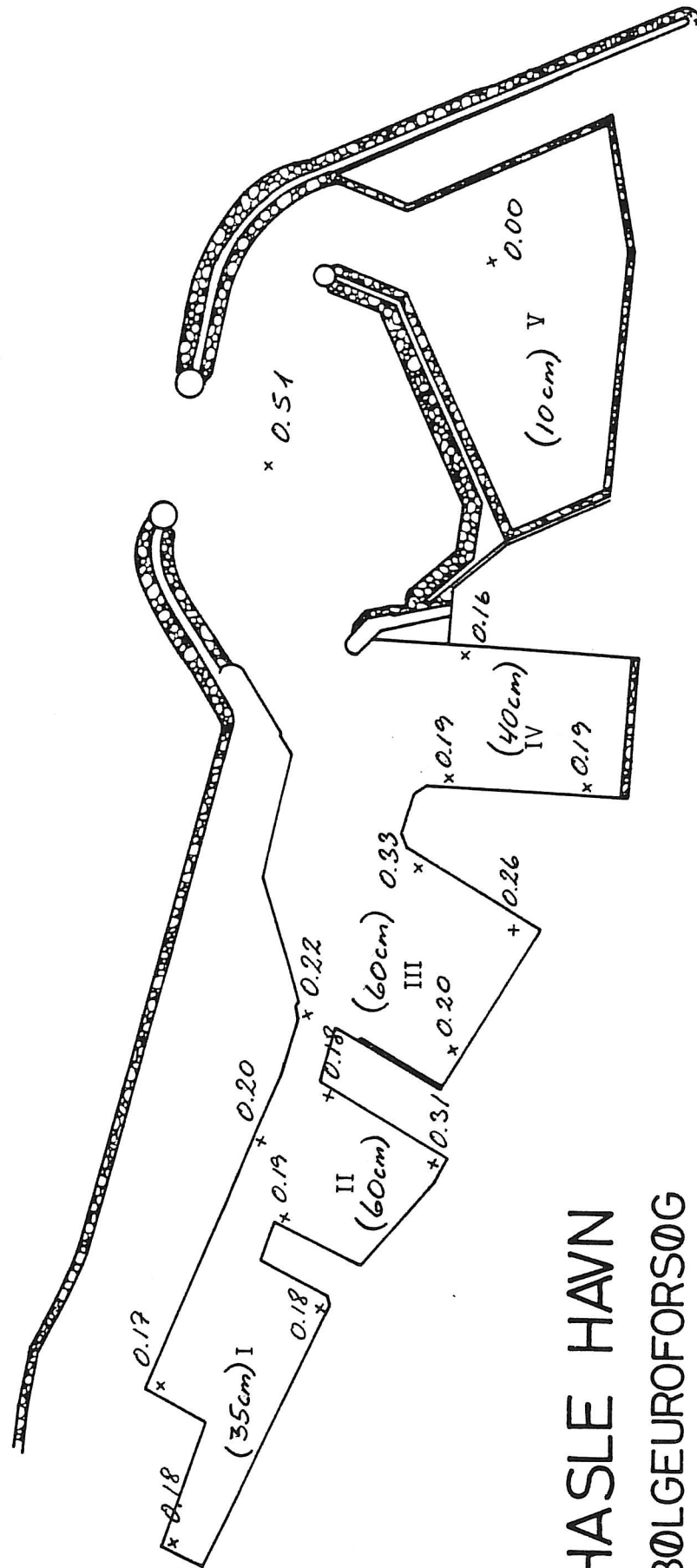
BØLGEHØJDE (H_S): 3.1 m

BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek

TOPKOTE AF MOLE:



TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 1.1

FORSLAG: Eks. havn uden prier ~~I-II~~

BØLGERETNING: WNW

BØLGEHØJDE (H_S): 3.1 m

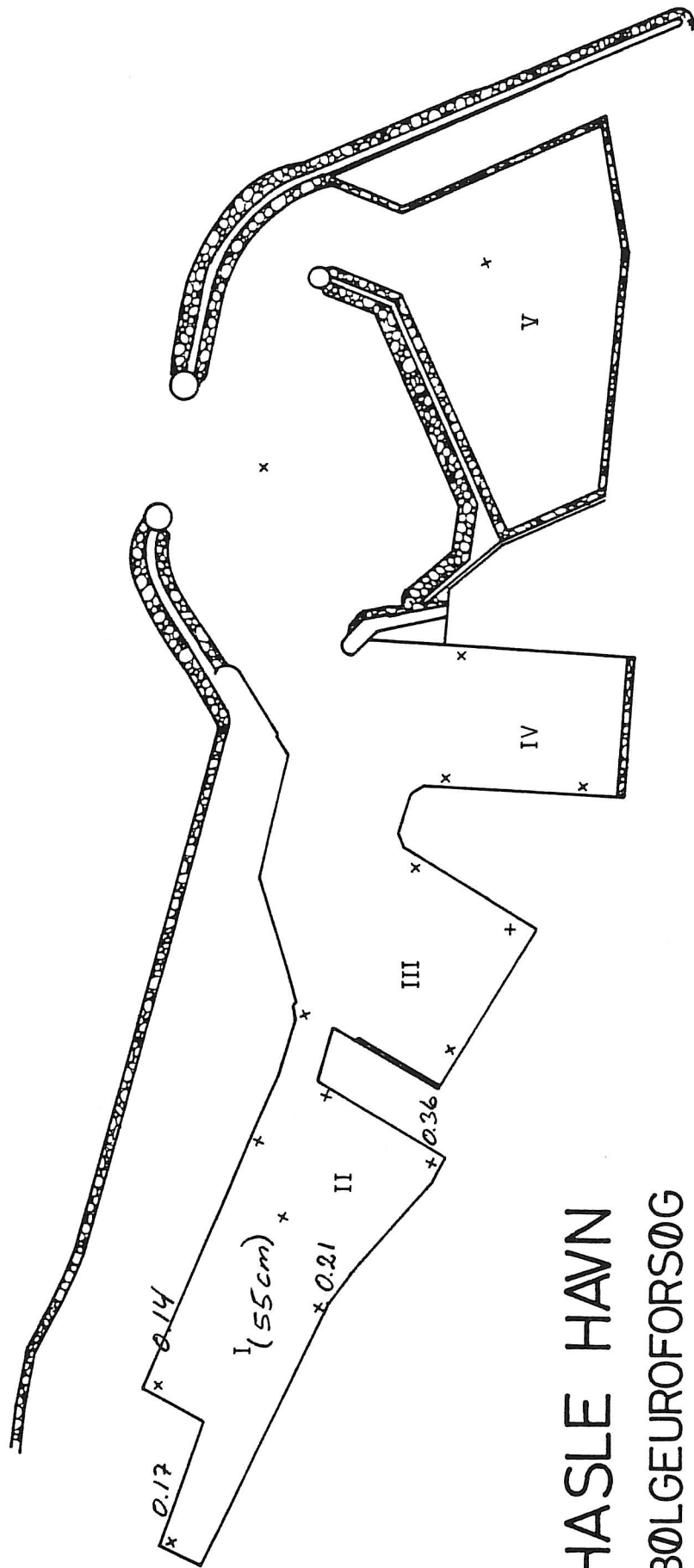
BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek

TOPKOTE AF MOLE:

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN BØLGEUROFORSØG

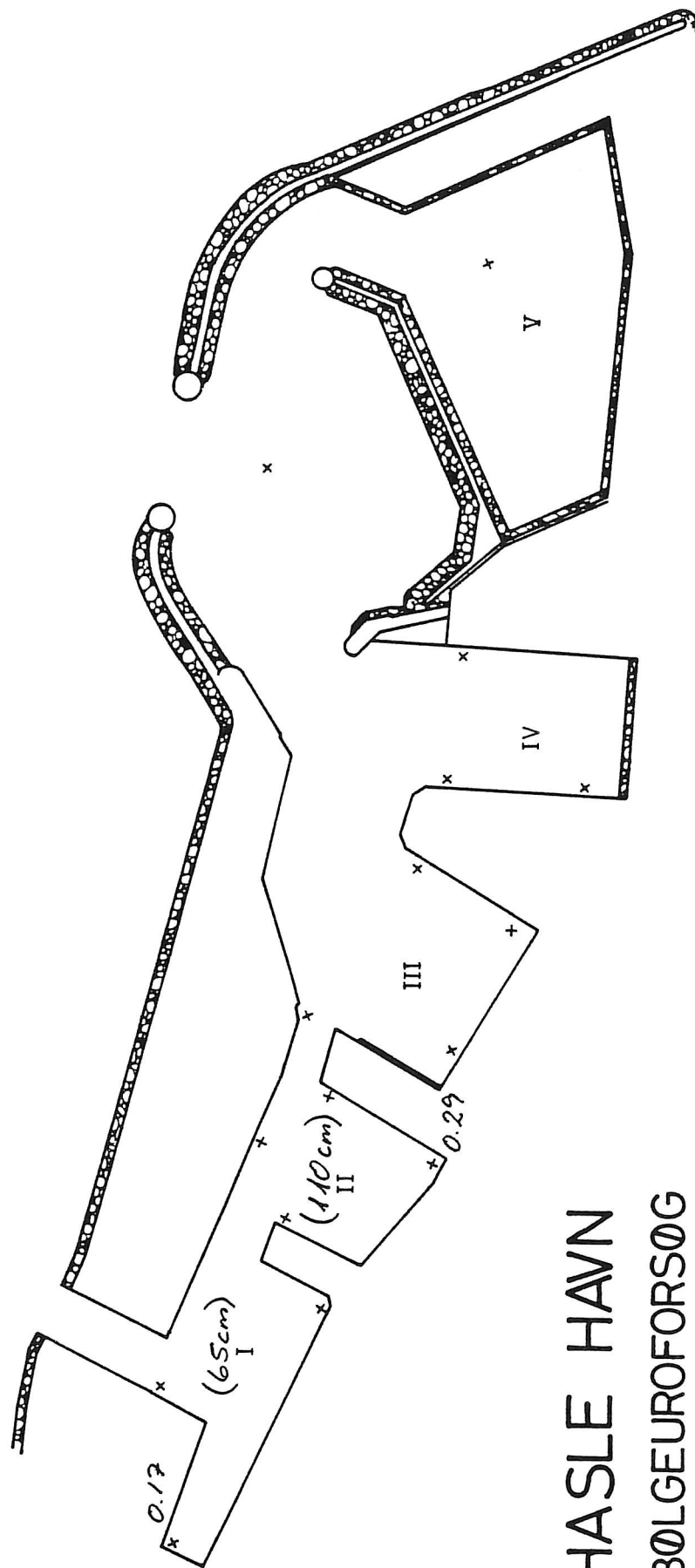
april 1987

BILAG 1.2

FORSLAG: Eksisterende havn ~~med~~ hul
 BØLGERETNING: WNW
 BØLGEHØJDE (H_s): 3.1 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek
 TOPKOTE AF MOLE:



TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

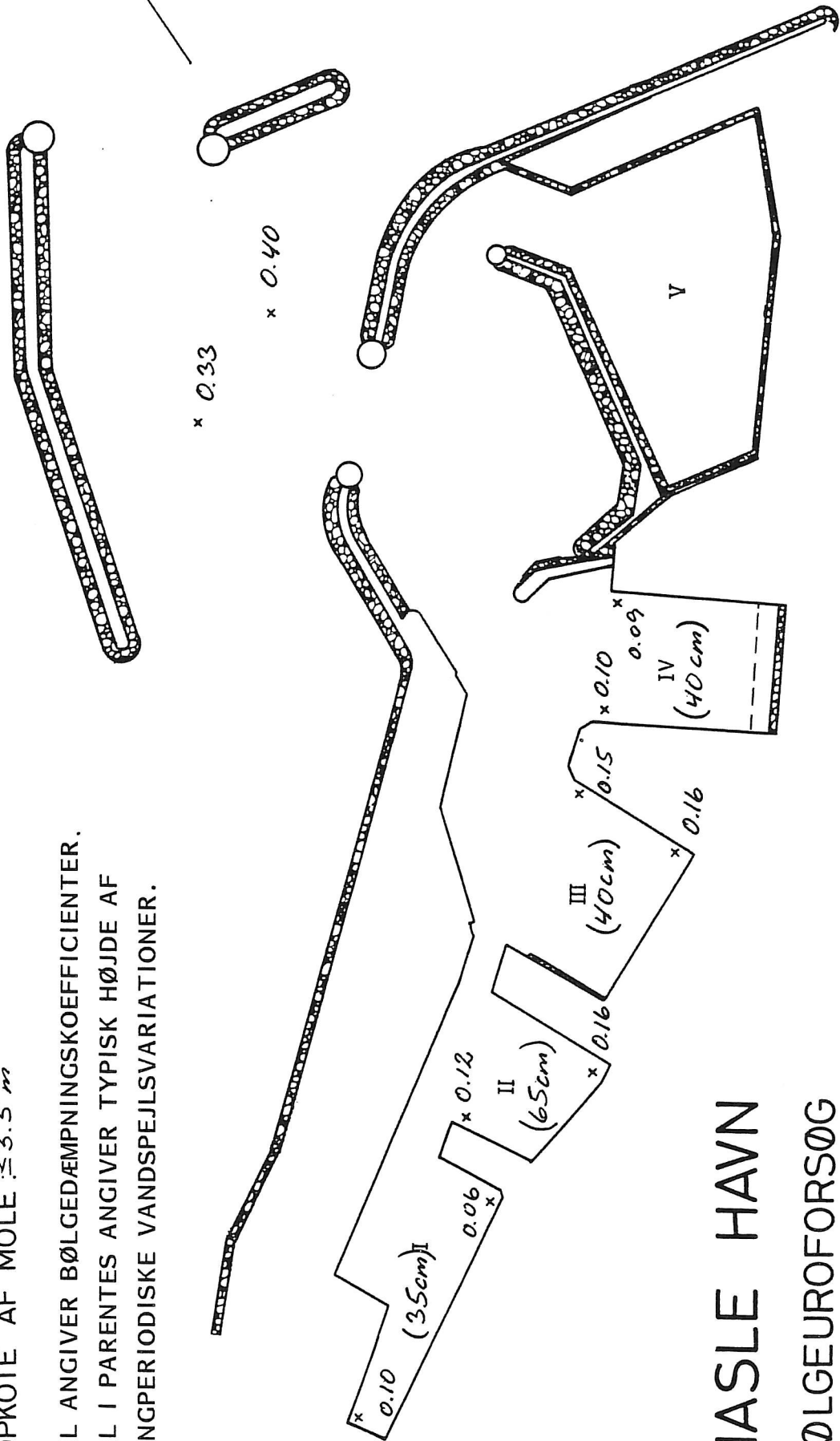
BØLGEUFORSØG

april 1987

FORSLAG: Forslag 2
 BØLGERETNING: WNW
 BØLGEHØJDE (H_s): 3.1 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek
 TOPKOTE AF MOLE: ± 3.5 m



TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



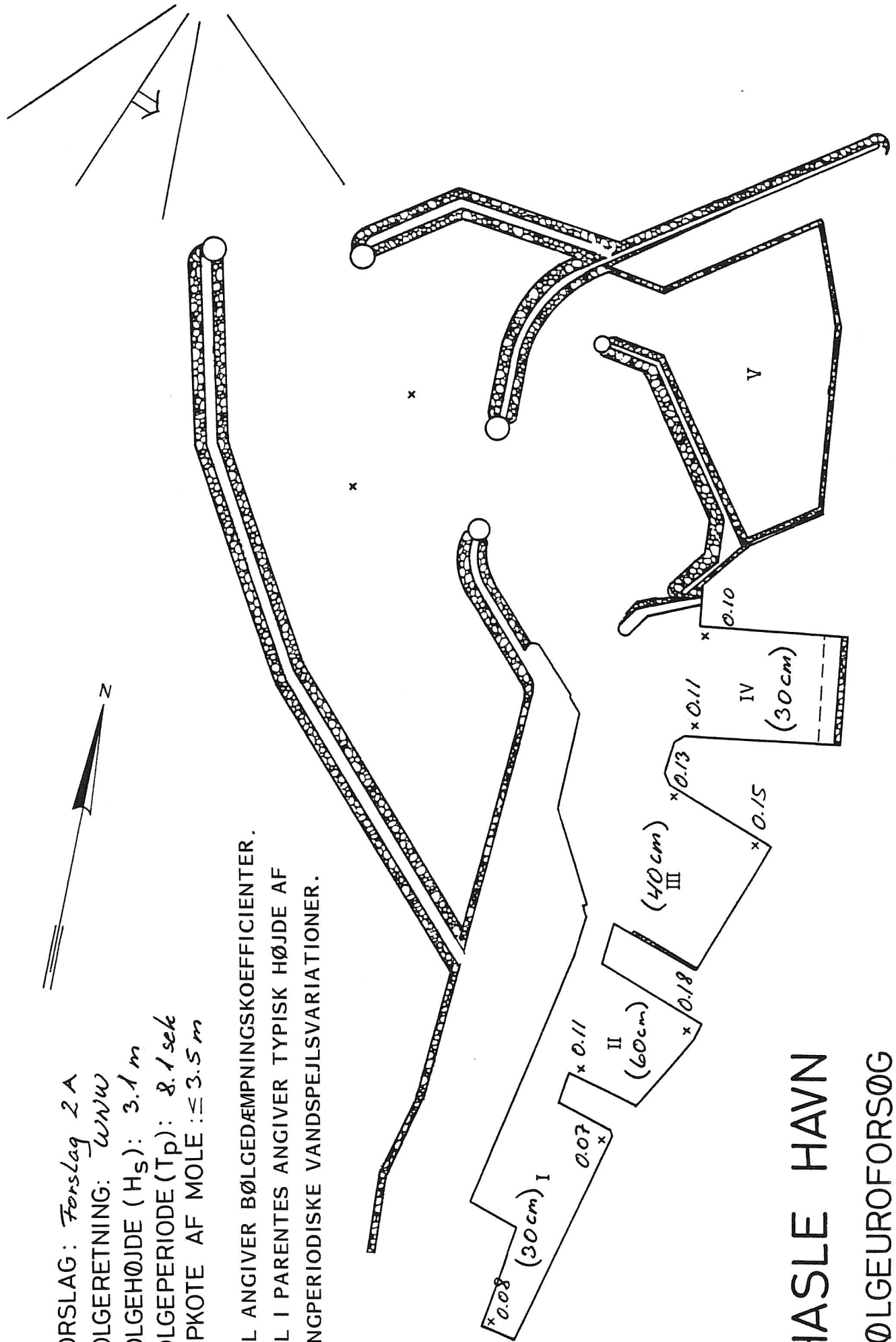
HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

FORSLAG: Forslag 2 A
 BØLGERETNING: WNW
 BØLGEHØJDE (H_s): 3.1 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek
 TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN
 BØLGEUROFORSØG
 april 1987

BILAG 2.2

FORSLAG: 2B

BØLGERETNING: WNW

BØLGEHØJDE (H_S): 3.1 m

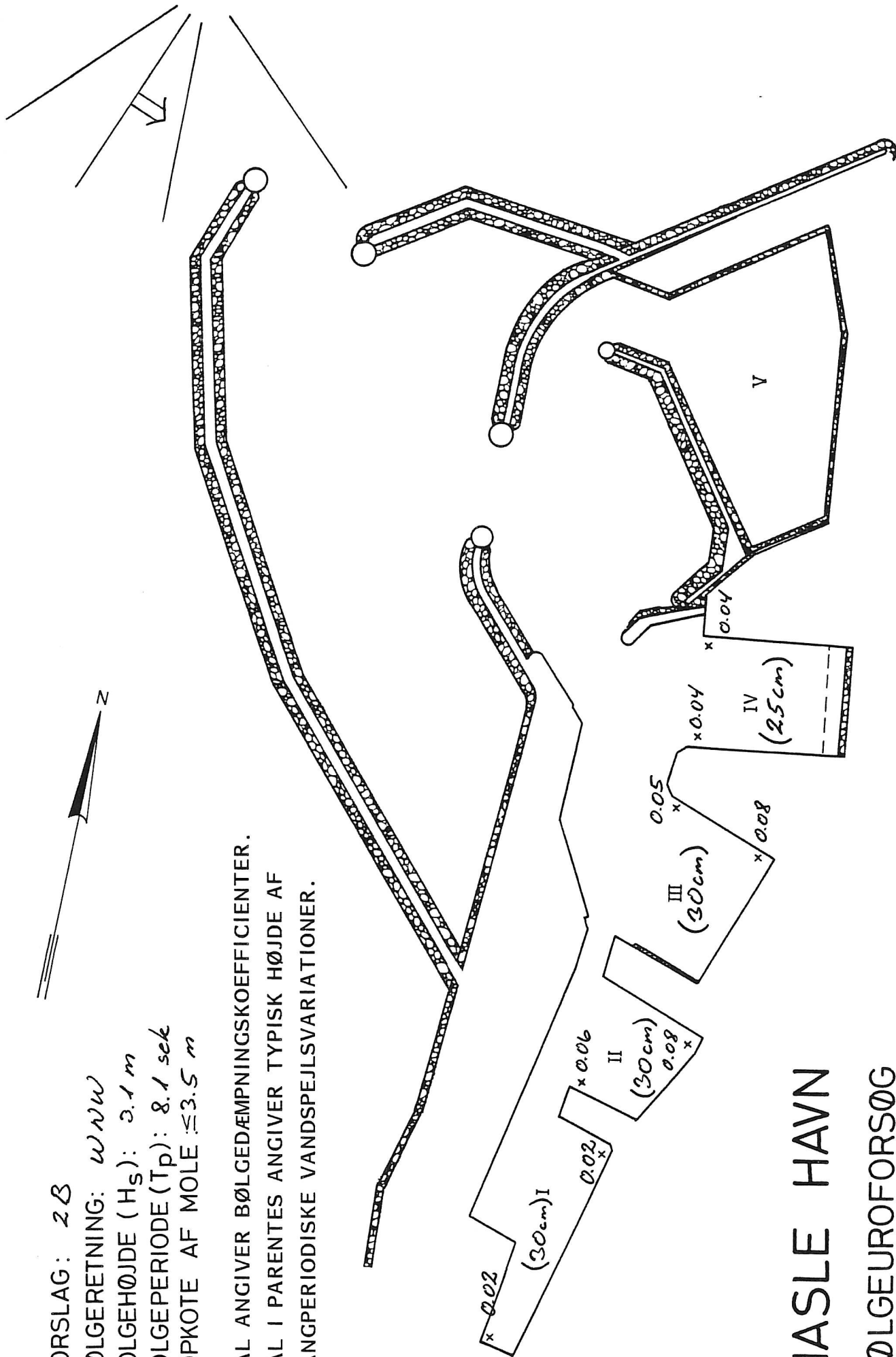
BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek

TOPKOTE AF MOLE ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



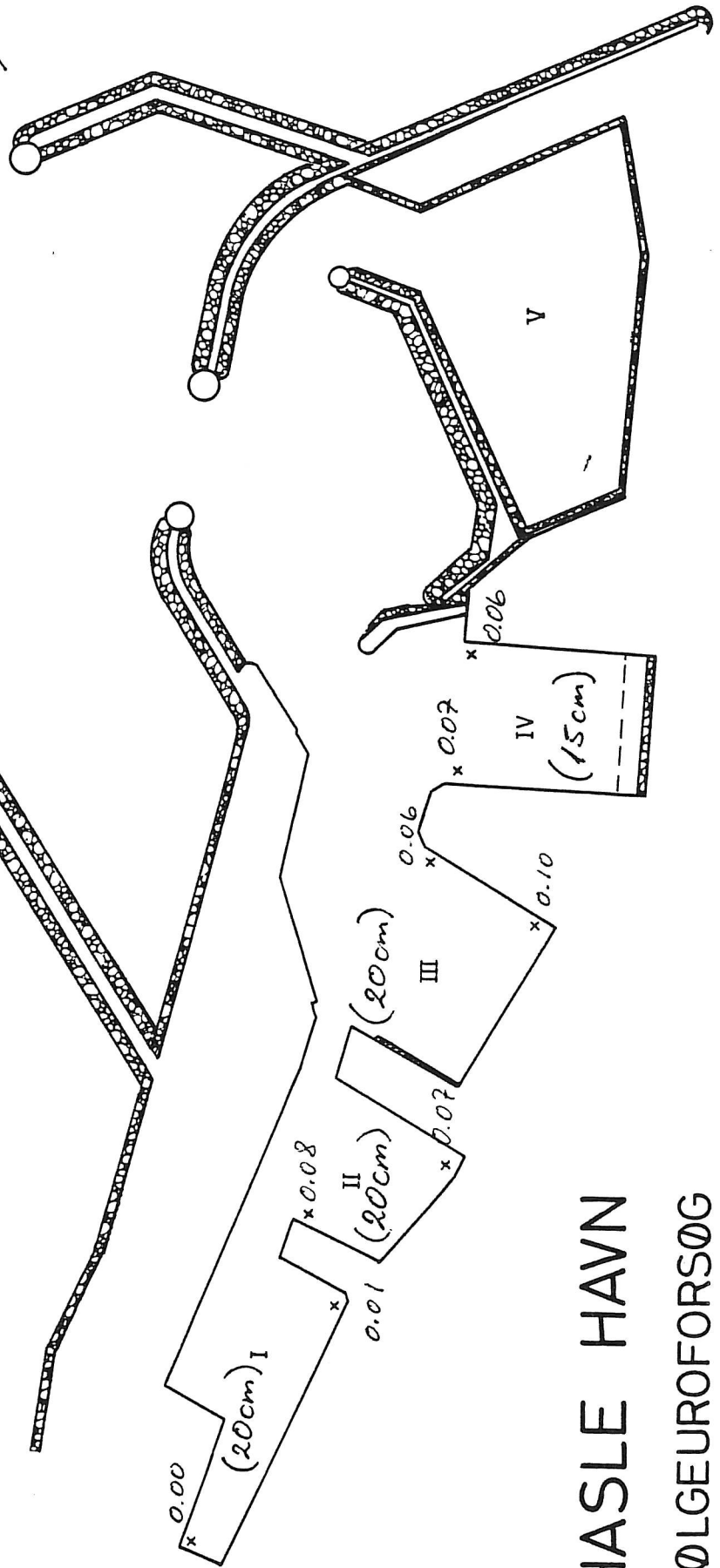
HASLE HAVN BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 2.3

FORSLAG: 2B1
 BØLGERETNING: *nw*
 BØLGEHØJDE (H_S): 2.7 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 7.6 sek
 TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

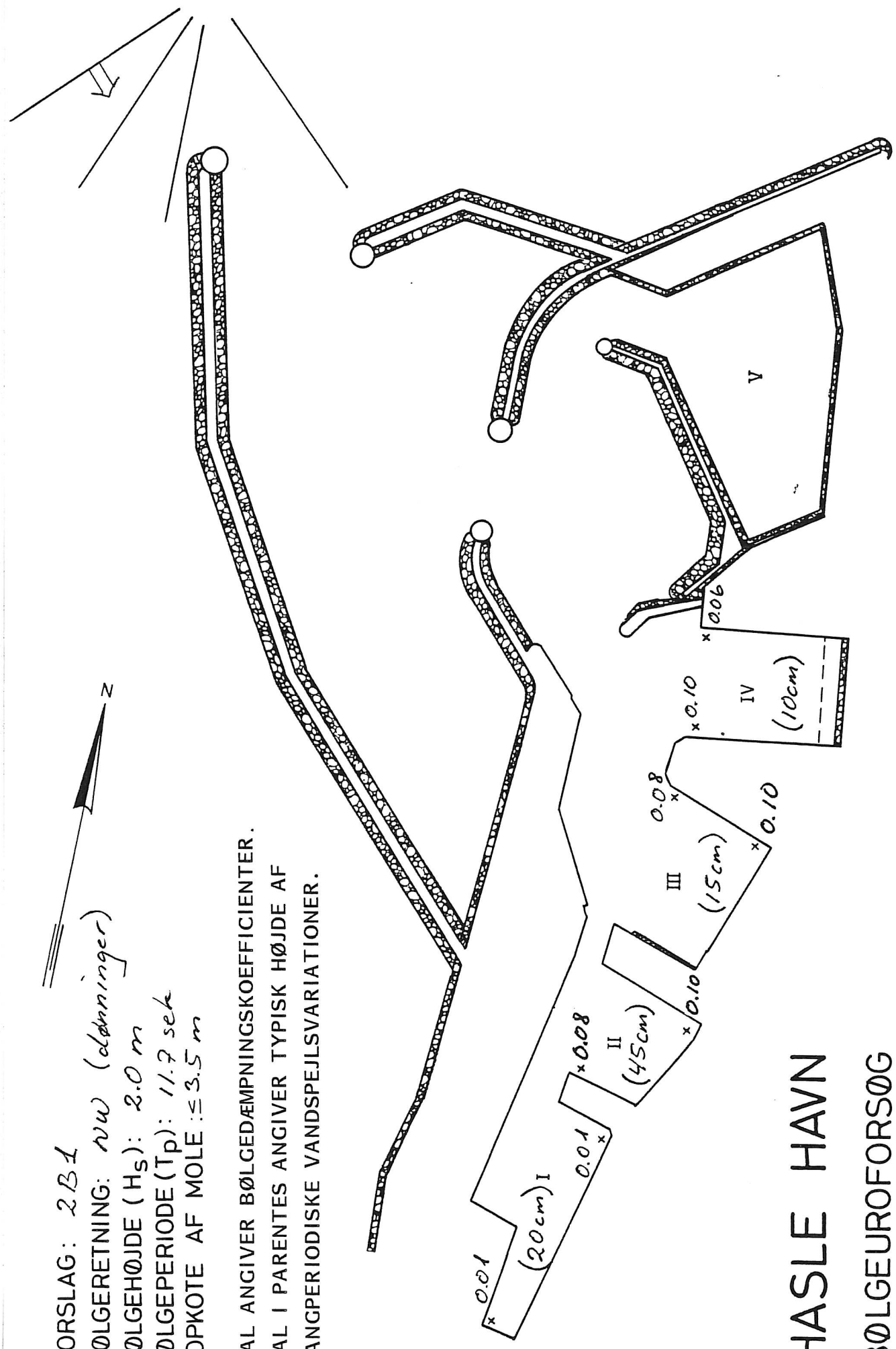
april 1987

BILAG 3.1

FORSLAG: 2B1
 BØLGERETNING: NW (dønninger)

BØLGEHØJDE (H_s): 2.0 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 11.7 sek
 TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

FORSLAG: 284

BØLGERETNING: ω

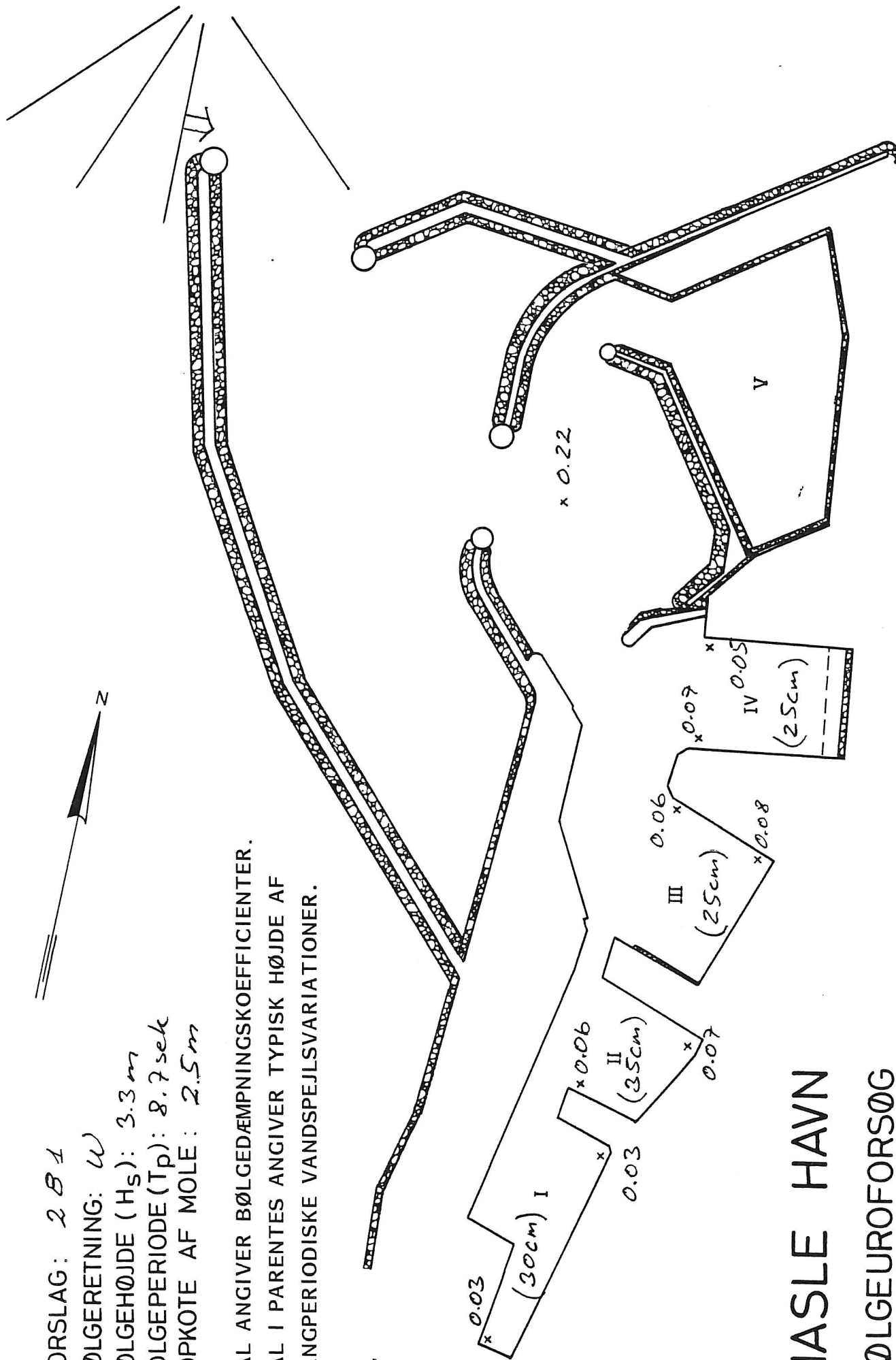
BØLGEHØJDE (H_s): 3.3 m

BØLGEPERIODE (T_p): 8.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: 2.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 3.3

FORSLAG: 281 m. opfyldning

BØLGERETNING: NW

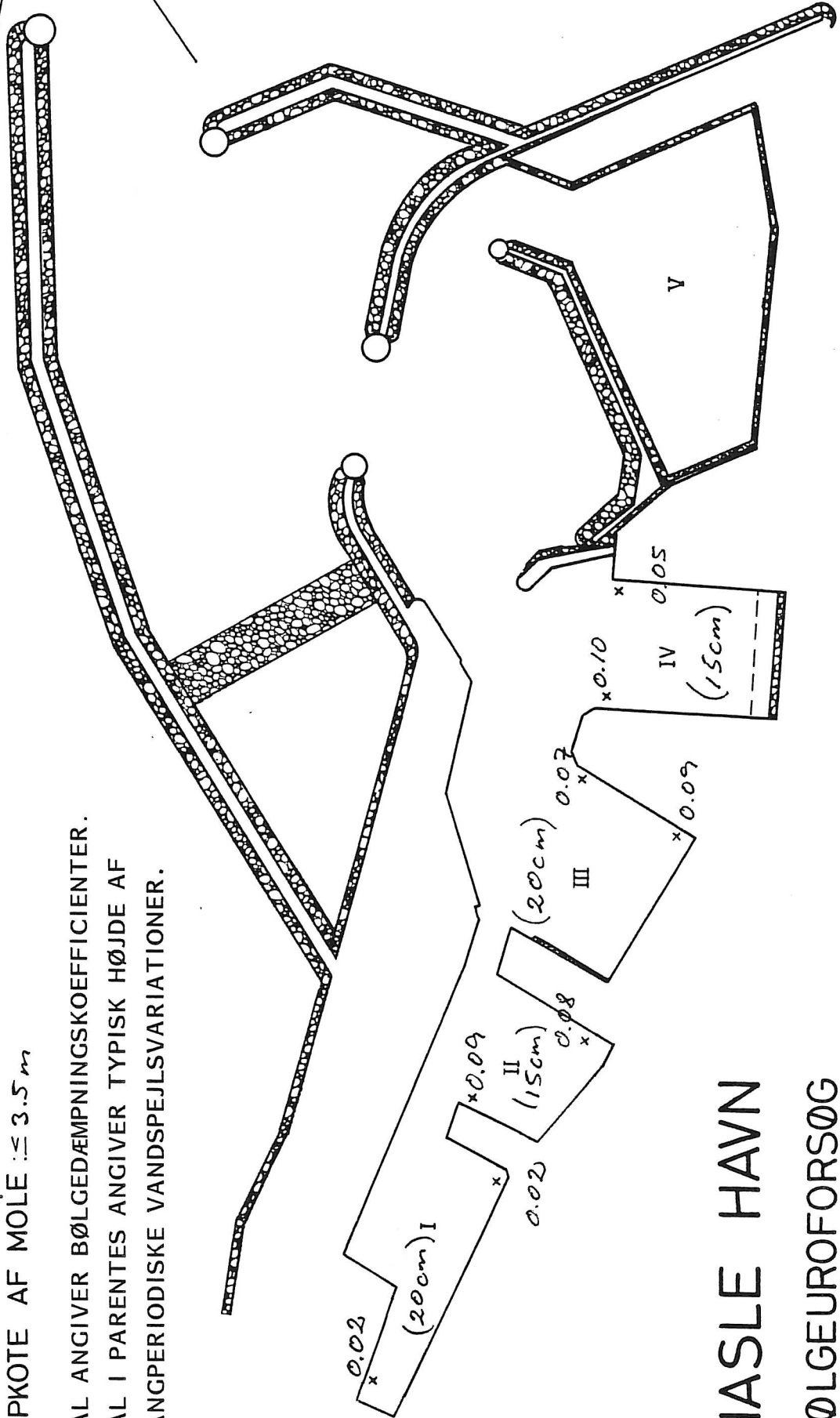
BØLGEHØJDE (H_s): 2.7 m

BØLGEPERIODE (T_p): 7.6 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIKVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIKVER TYPISK HØJDE AF LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

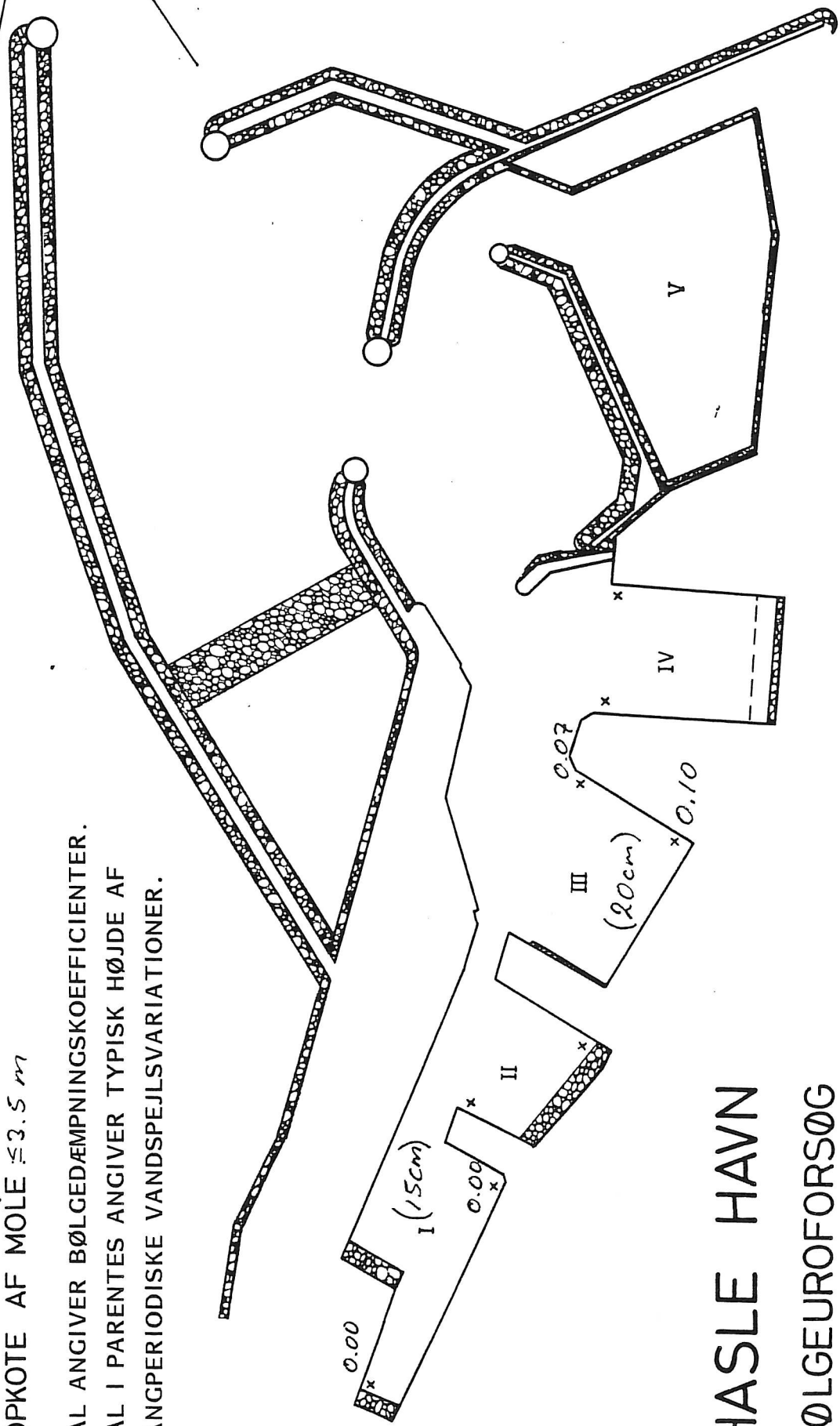
april 1987

skråninger i bassin I og II

FORSLAG: 2B1 (m. opfyldning)
 BØLGERETNING: NW
 BØLGEHØJDE (H_s): 2.7 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 7.6 sek
 TOPKOTE AF MOLE \approx 3.5 m



TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.

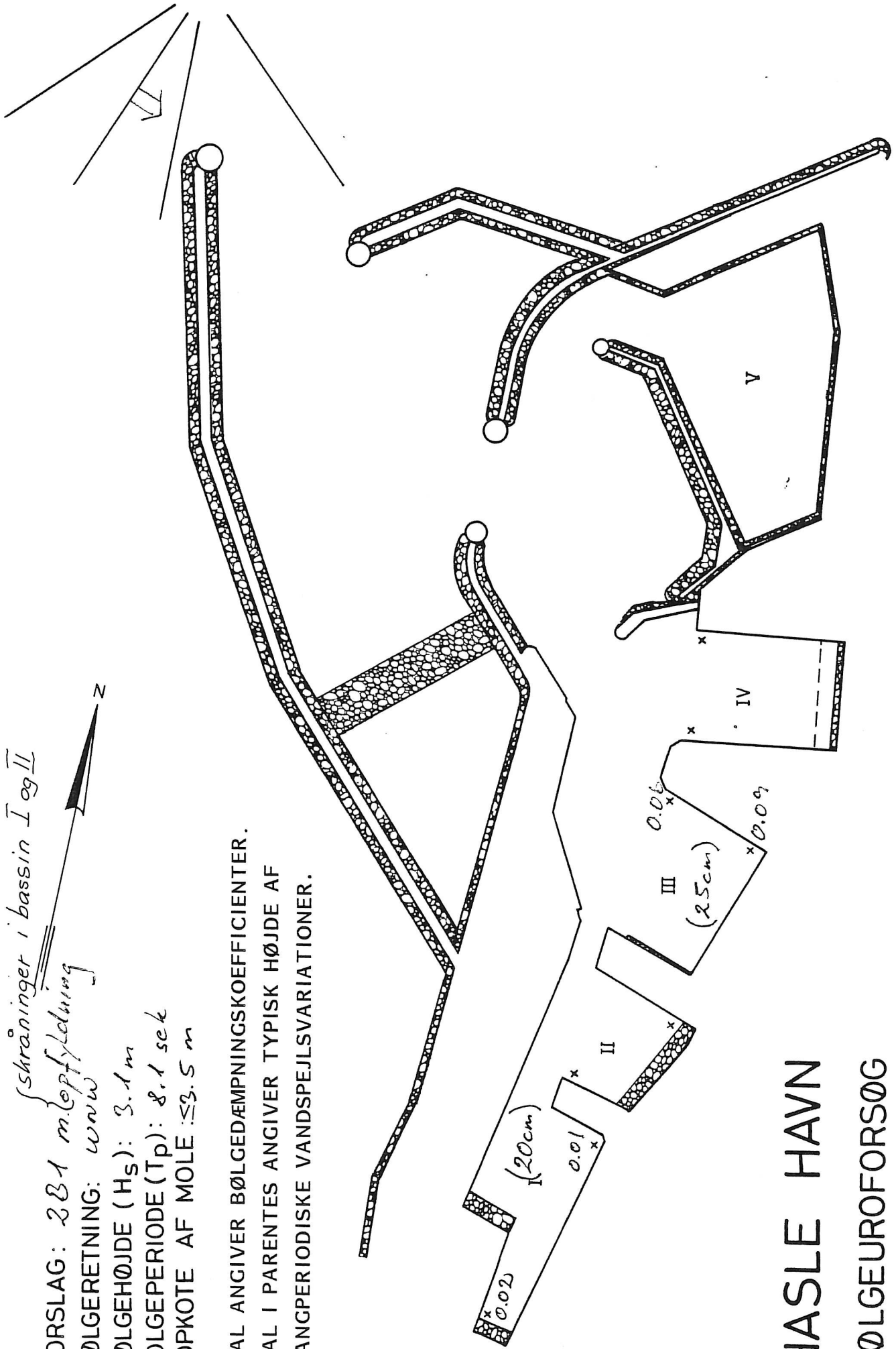


HASLE HAVN
 BØLGEUROFORSØG
 april 1987

skråninger i bassin I og II
 {
 FORSLAG: 281 m løpfylning
 BØLGERETNING: $w \rightarrow w$

BØLGEHØJDE (H_s): 3.1 m
 BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek
 TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.
 TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
 LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUFORSØG

april 1987

BILAG 3.6

FORSLAG: 2B1 m opfyldning

BØLGERETNING: NW

BØLGEHØJDE (H_S): 2.7 m

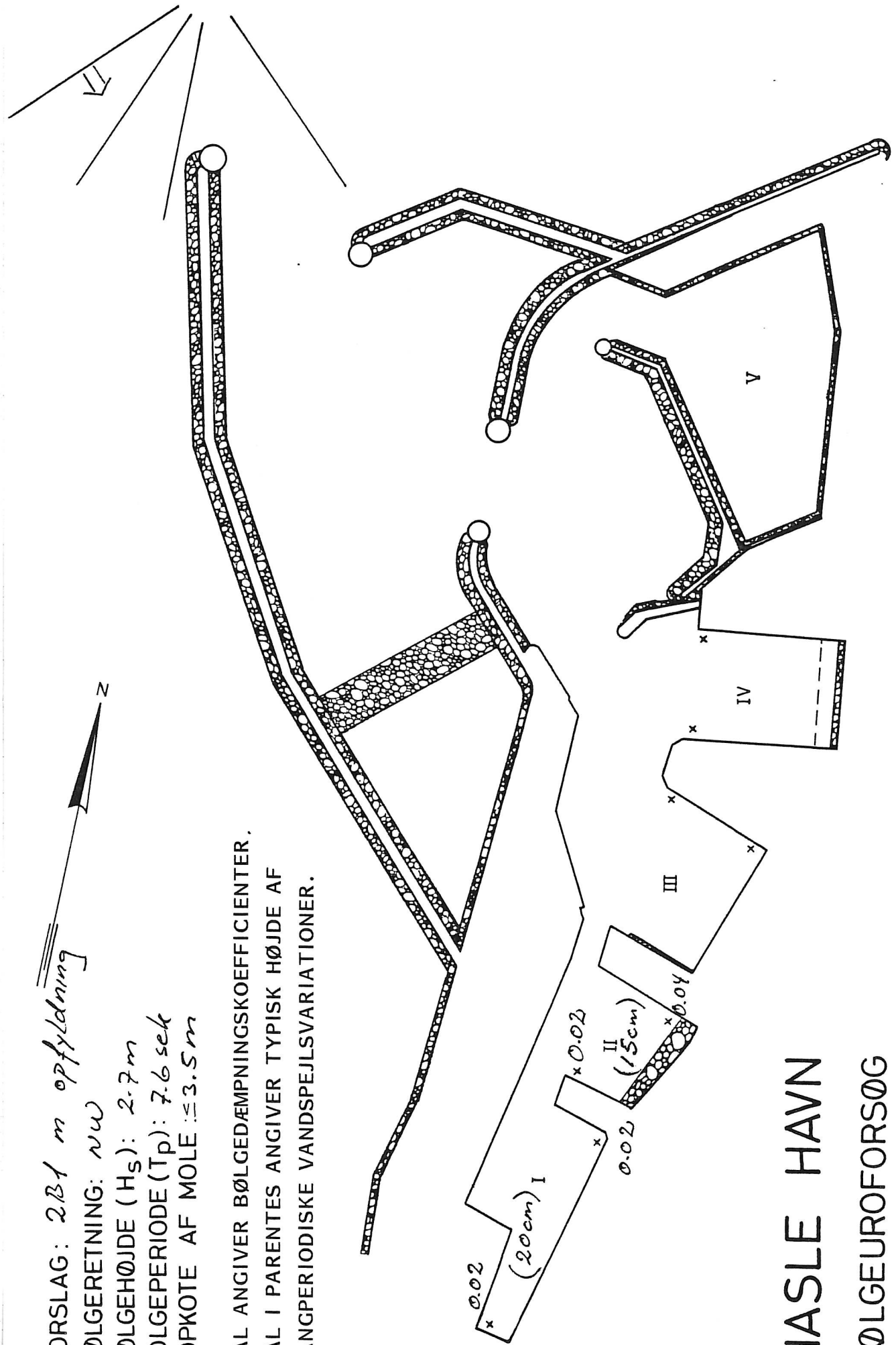
BØLGEPERIODE (T_p): 7.6 sek

TOPKOTE AF MOLE: ± 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 3.7

FORSLAG: 2c

BØLGERETNING: N/W

BØLGEHØJDE (H_s): 2.7 m

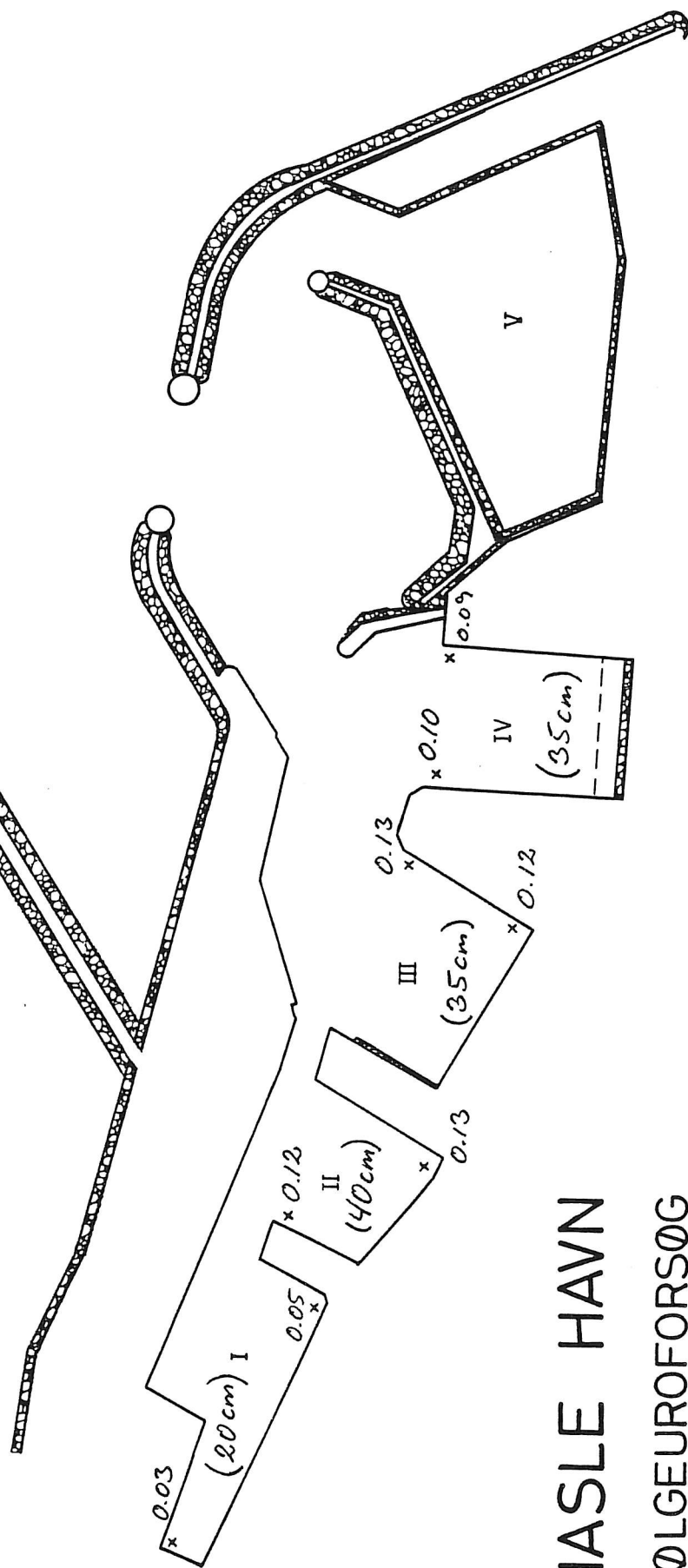
BØLGEPERIODE (T_p): 7.6 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 4.1

FORSLAG: 2C

BØLGERETNING: *nw (dønninger)*

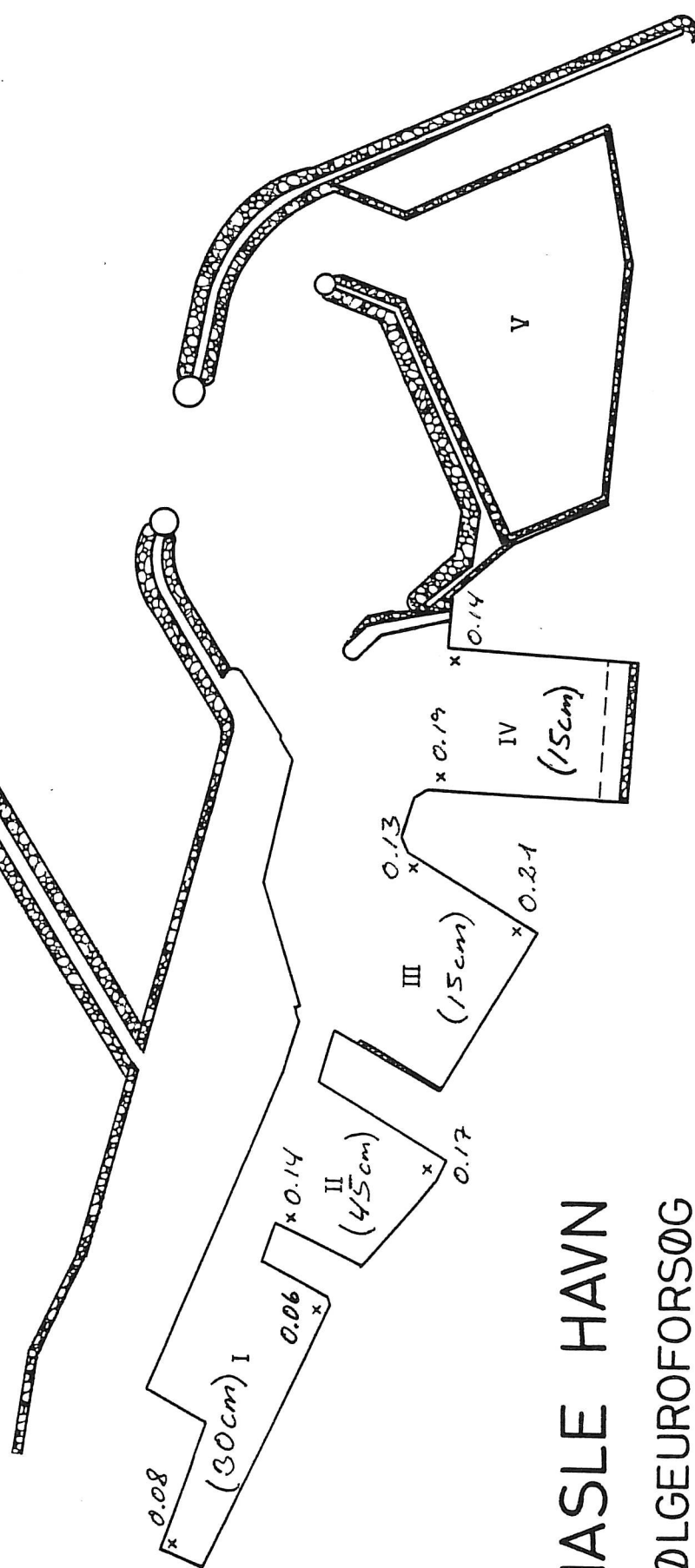
BØLGEHØJDE (H_s): 2.0 m

BØLGEPERIODE (T_p): 11.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 4.2

FORSLAG: 2c

BØLGERETNING: *wnw*

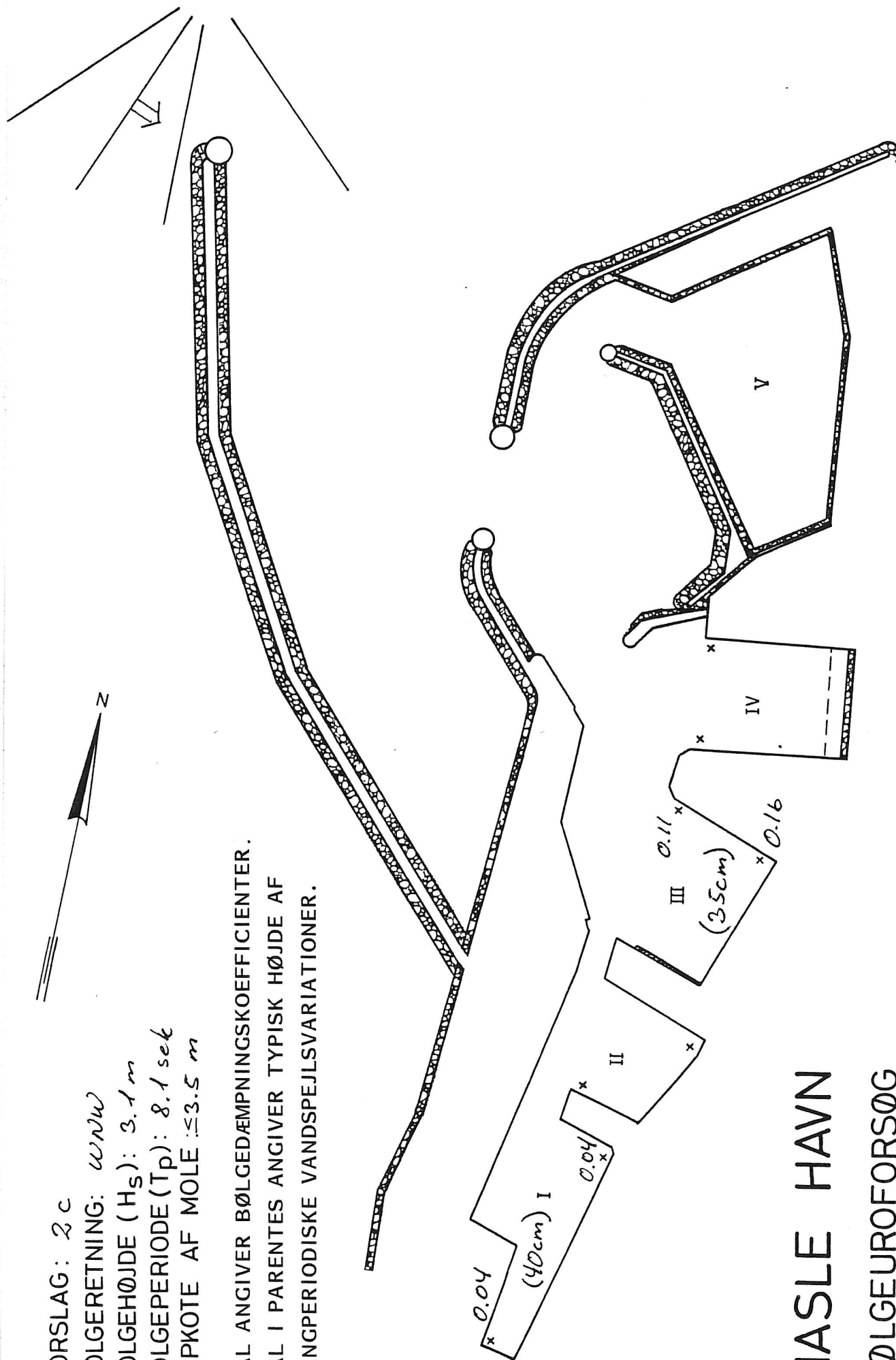
BØLGEHØJDE (H_S): 3.1 m

BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF
LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 4.3

FORSLAG: 2 C

BØLGERETNING: ω

BØLGEHØJDE (H_s): 3.3 m

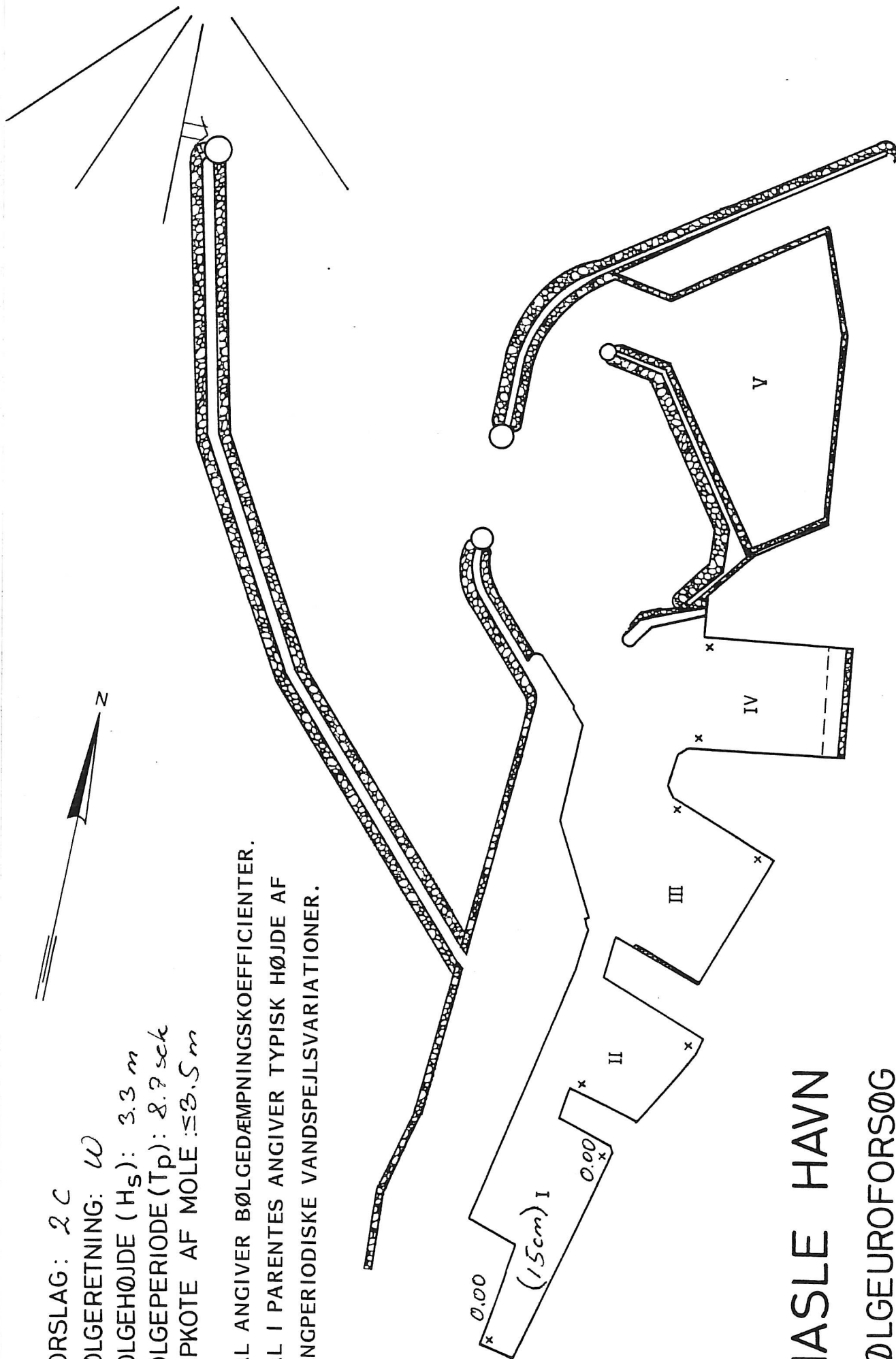
BØLGEPERIODE (T_p): 8.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: ±8.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 4.4

FORSLAG: 20

BØLGERETNING: *wnw*

BØLGEHØJDE (H_s): 3.1 m

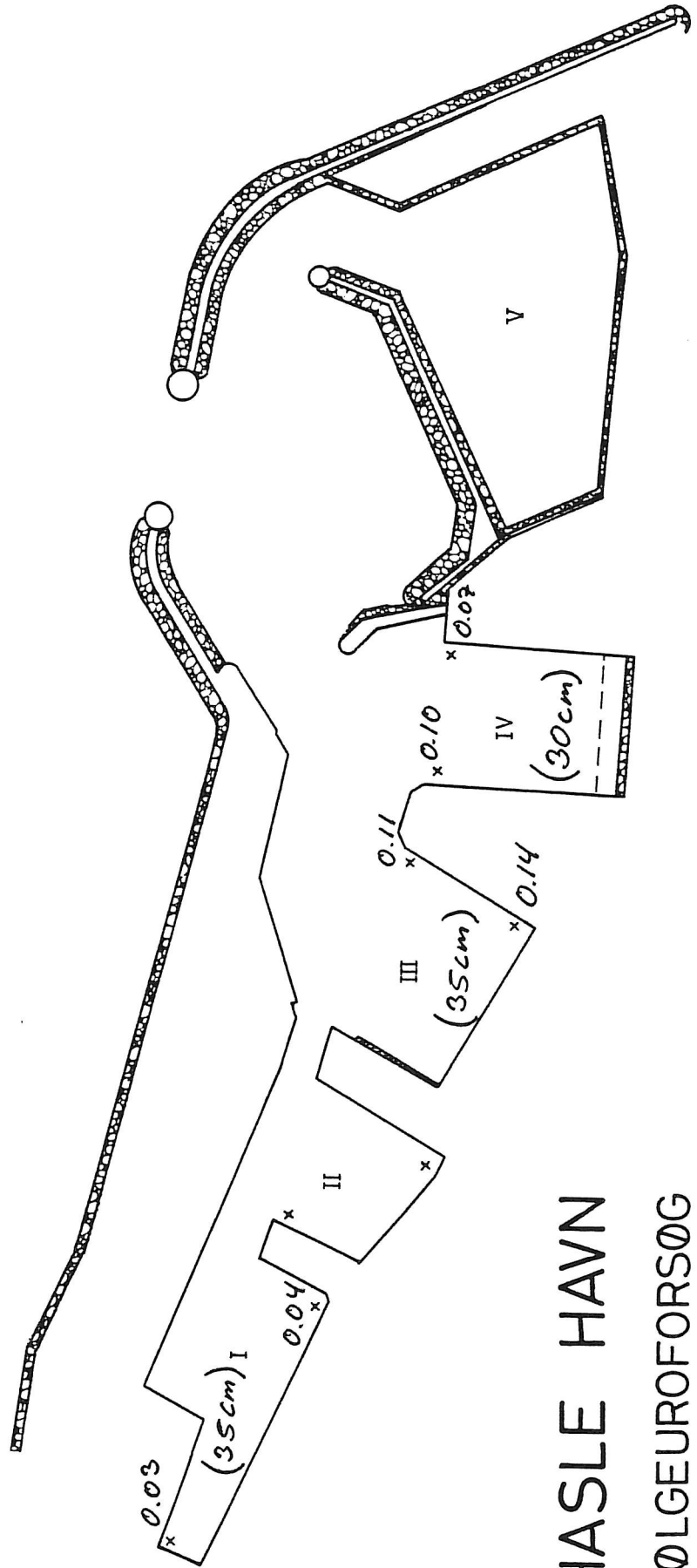
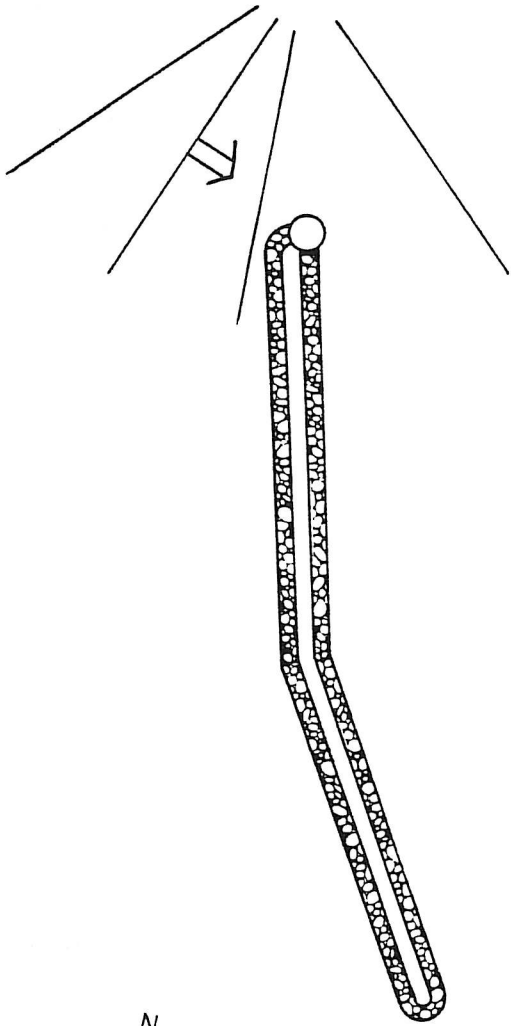
BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≈ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 5.1

FORSLAG: 2D

BØLGERETNING: ω

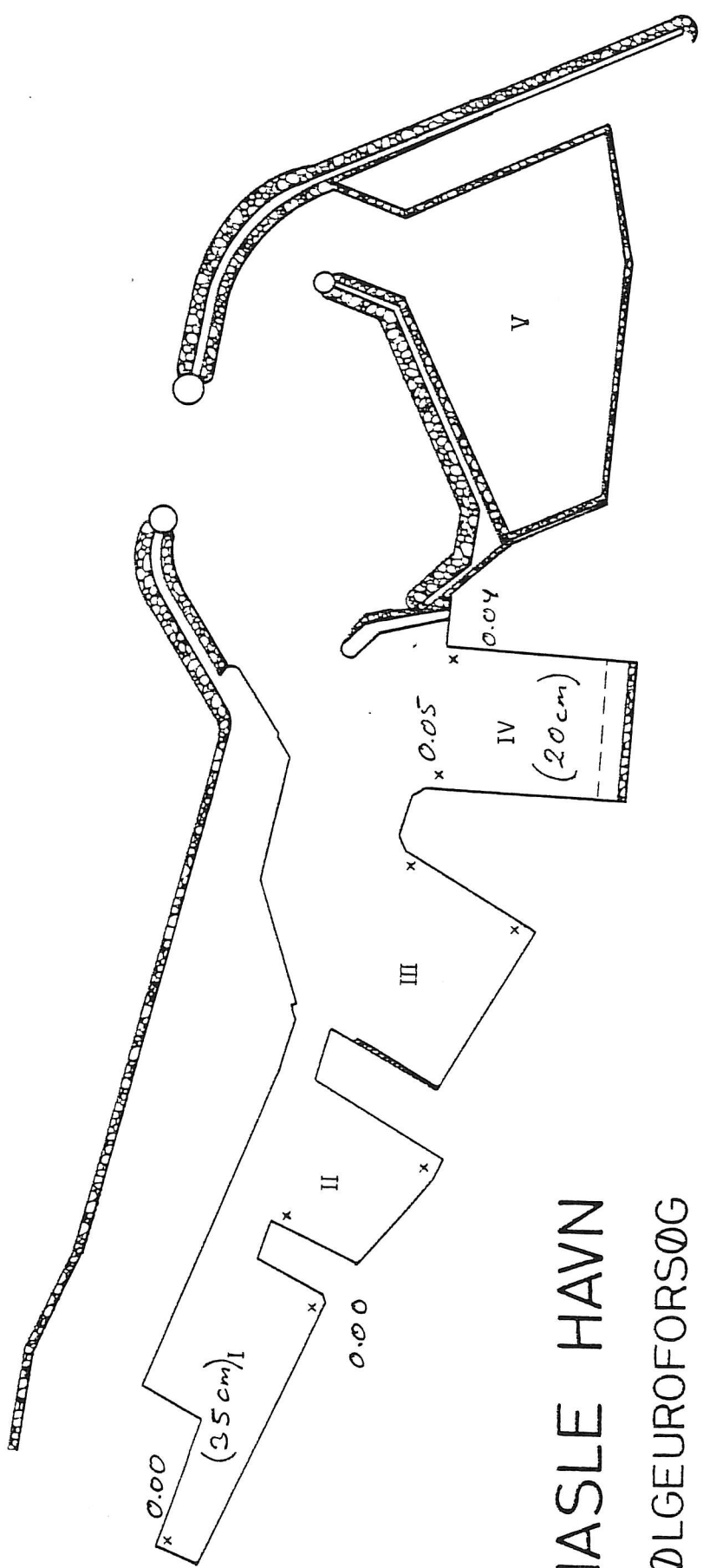
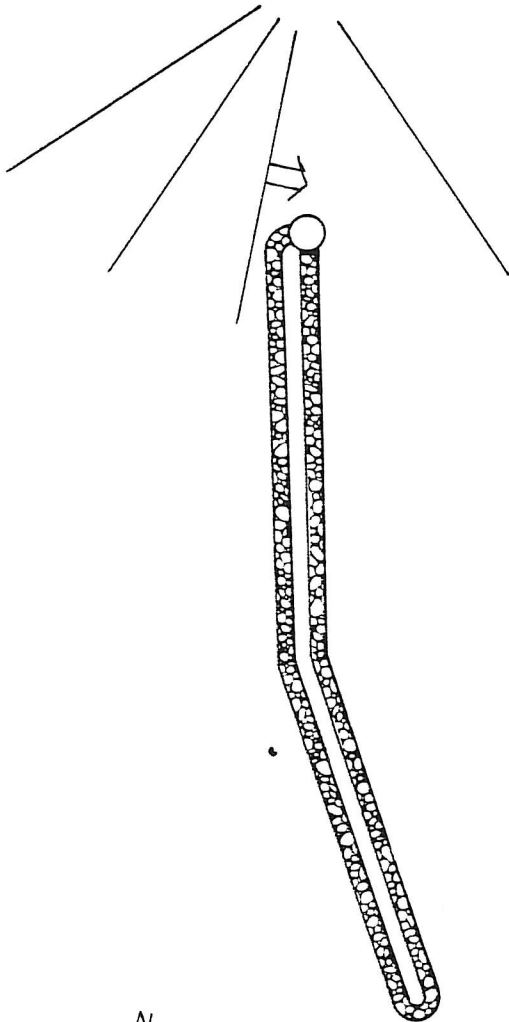
BØLGEHØJDE (H_s): 3.3 m

BØLGEPERIODE (T_p): 8.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≈ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUFORSØG

april 1987

FORSLAG: 2E

BØLGERETNING: SW

BØLGEHØJDE (H_S): 2.7 m

BØLGEPERIODE (T_p): 7.5 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

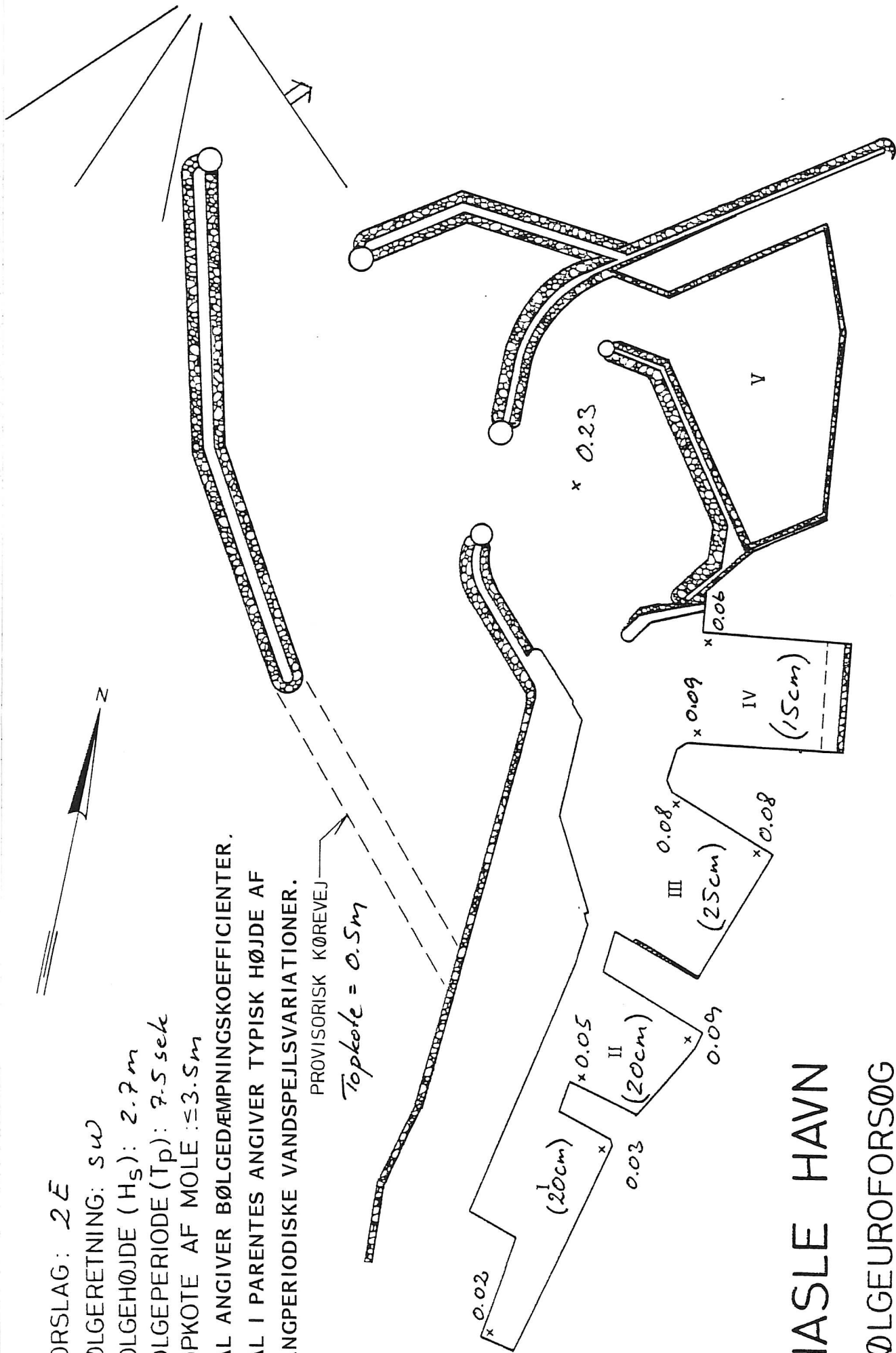
TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.

PROVISORISK KØREVEJ

Topkote = 0.5 m



HASLE HAVN BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 6.1

FORSLAG: 2E

BØLGERETNING: SW (dønninger)

BØLGEHØJDE (H_s): 2.0 m

BØLGEPERIODE (T_p): 11.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

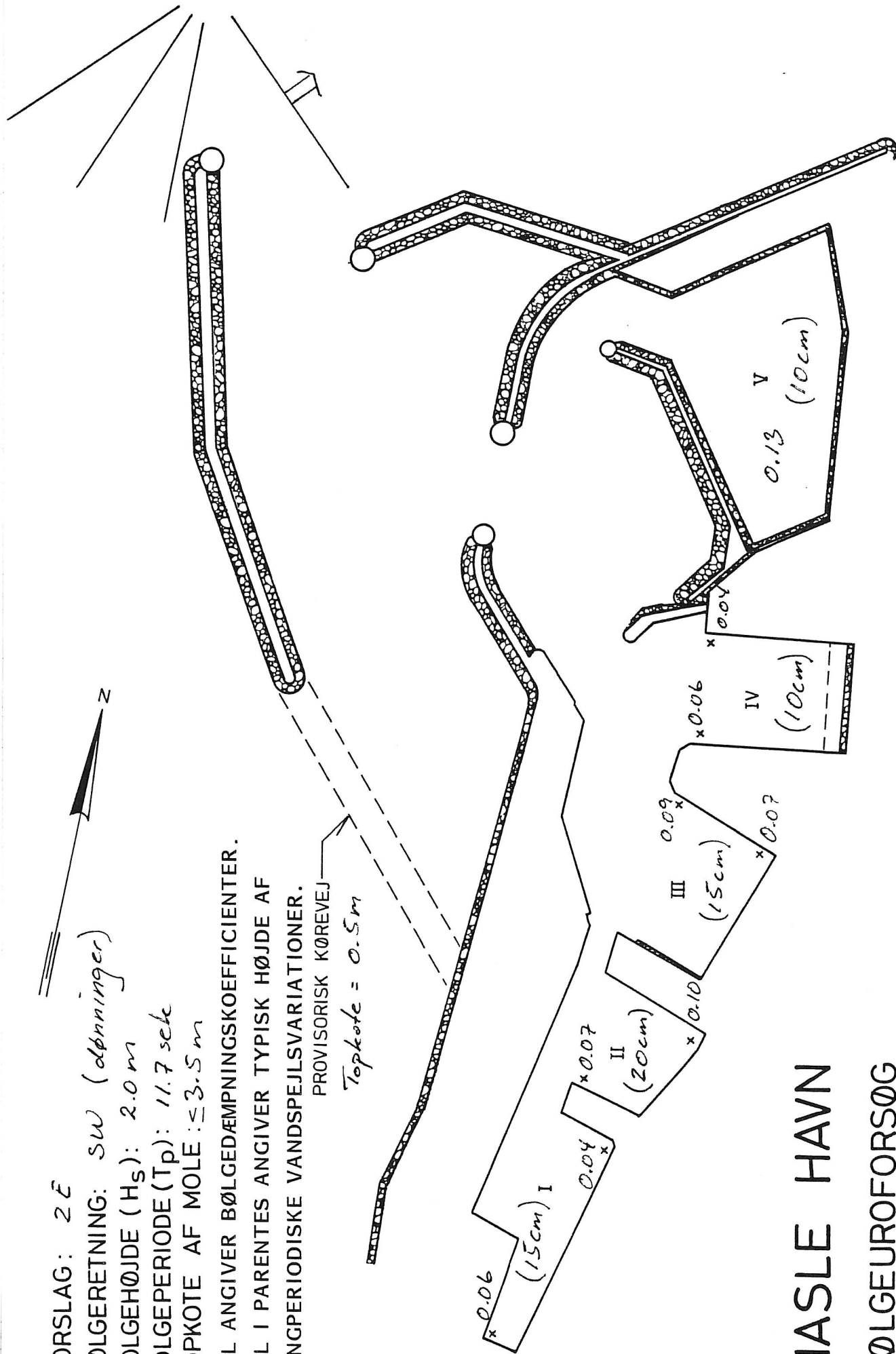
TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.

PROVISORISK KØREVEJ

Topkote = 0.5 m



HASLE HAVN BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 6.2

FORSLAG: 2E

BØLGERETNING: ω

BØLGEHØJDE (H_s): 3.3 m

BØLGEPERIODE (T_p): 8.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

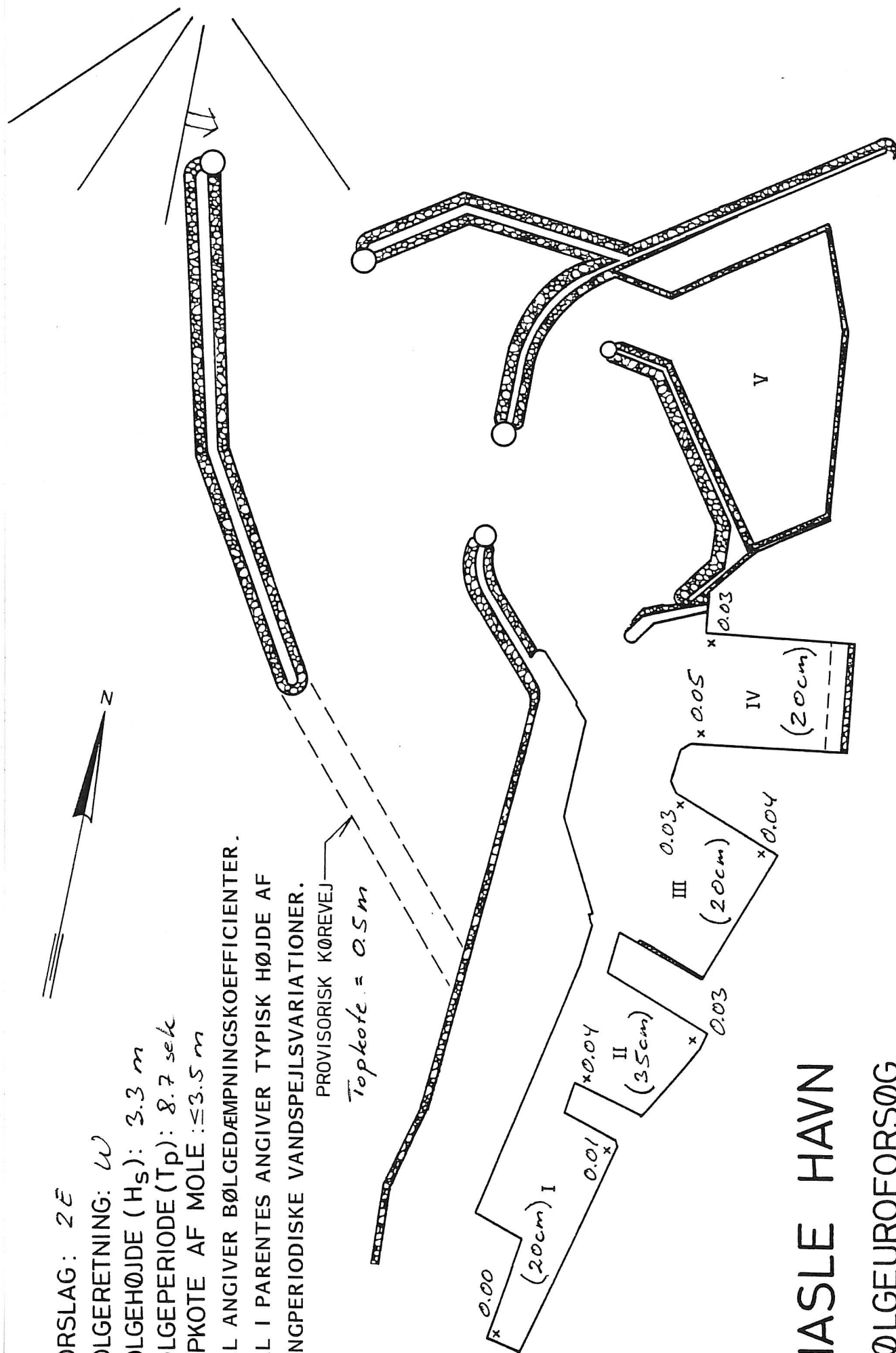
TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.

PROVISORISK KØREVEJ

Topkote = 0.5 m



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 6.3

FORSLAG: 2E

BØLGERETNING: wnw

BØLGEHØJDE (H_S): 3.1 m

BØLGEPERIODE (T_p): 8.1 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≈ 3.5 m

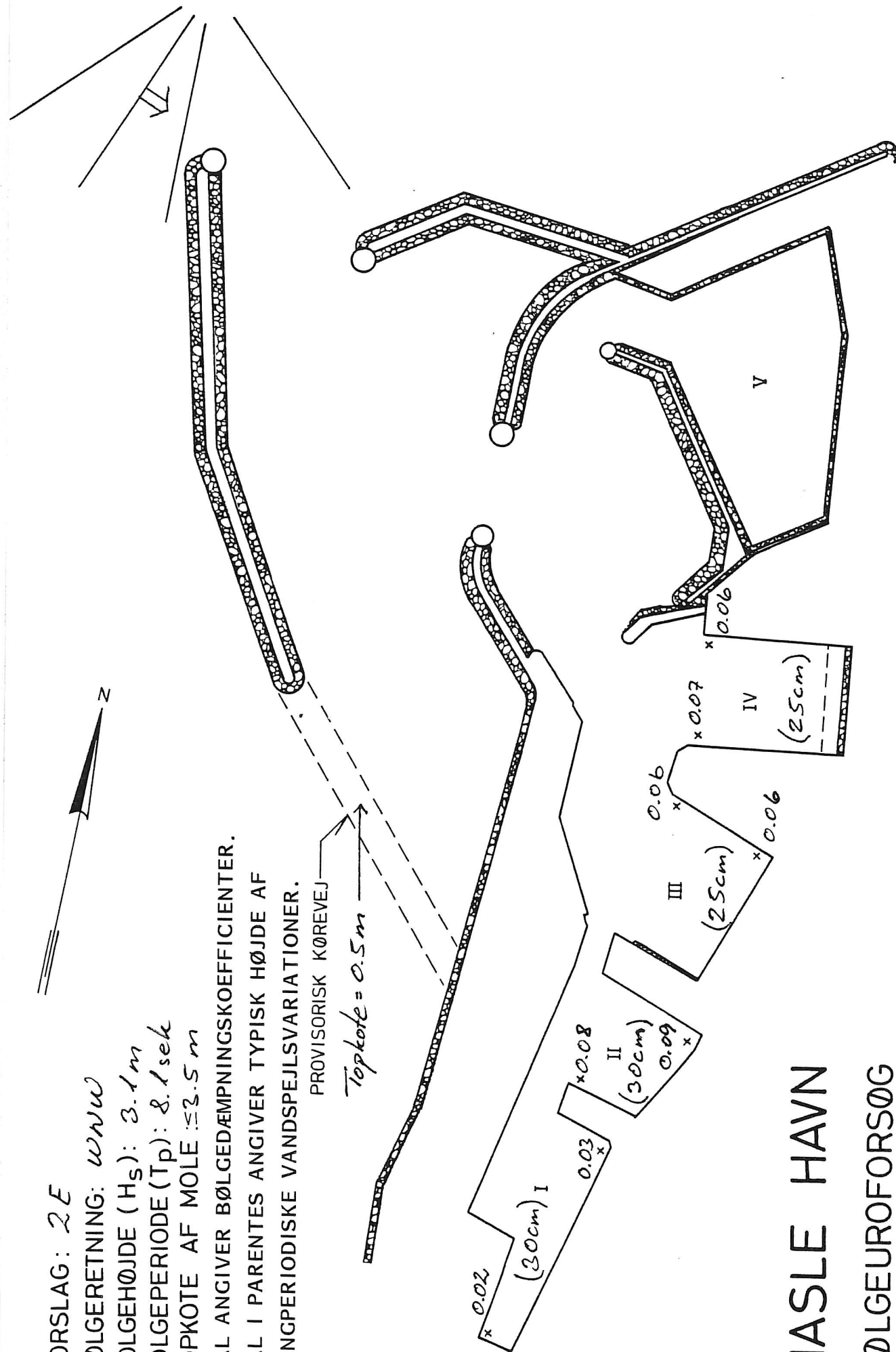
TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.

PROVISORISK KØREVEJ

Topkote = 0.5 m



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

FORSLAG: 2F

BØLGERETNING: SW

BØLGEHØJDE (H_S): 2.7m

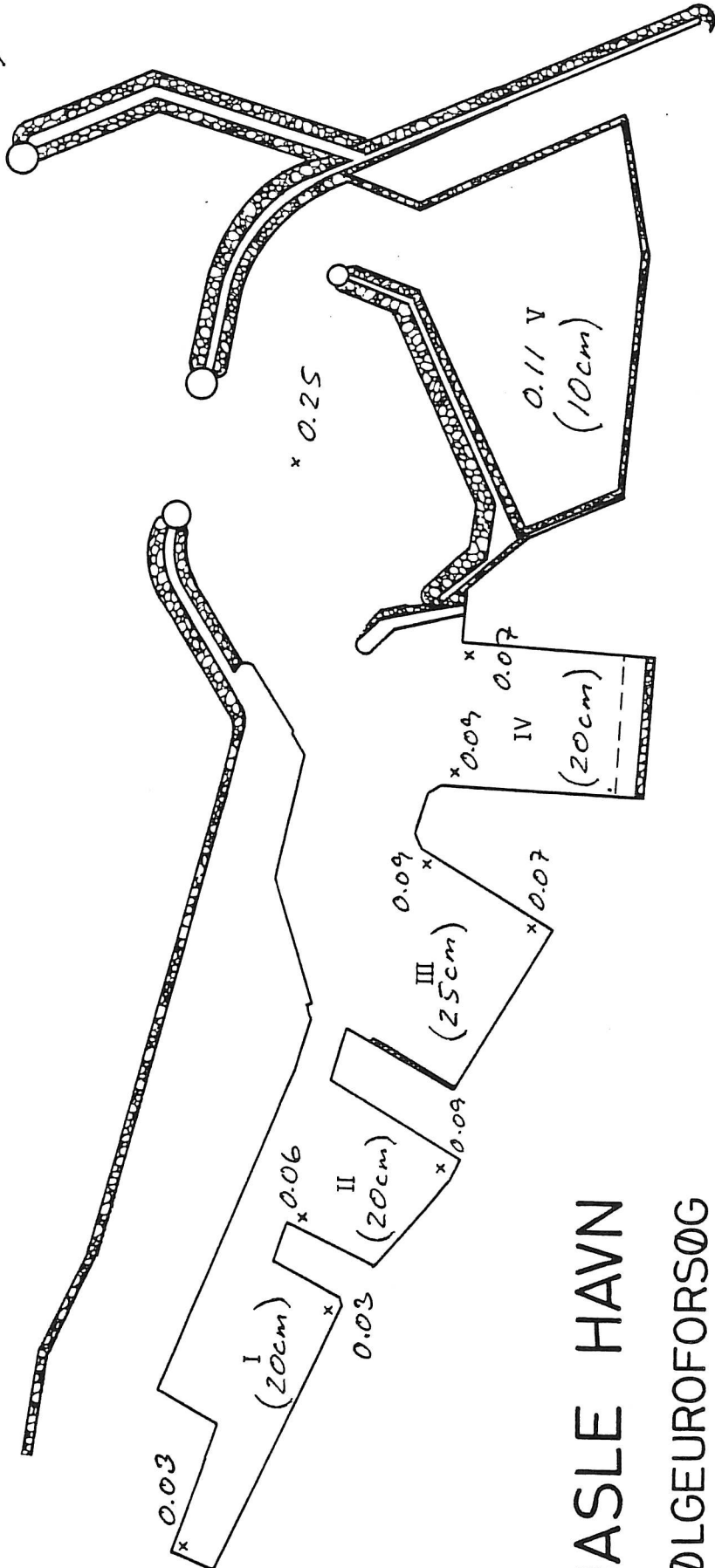
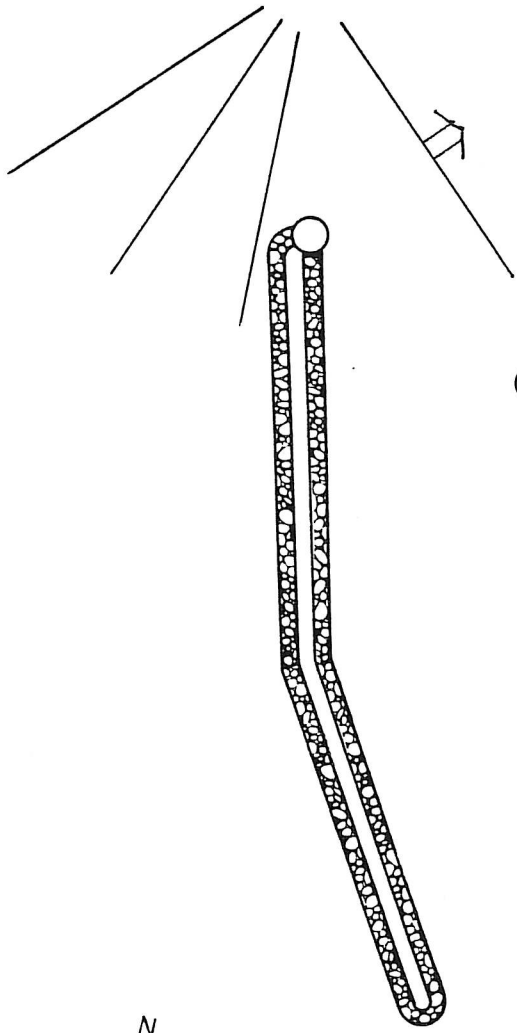
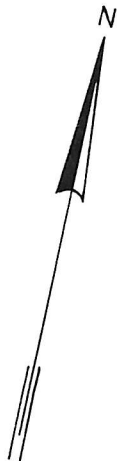
BØLGEPERIODE (T_p): 7.5 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

FORSLAG: 2 F

BØLGERETNING: SW (dønninger)

BØLGEHØJDE (H_s): 2.0 m

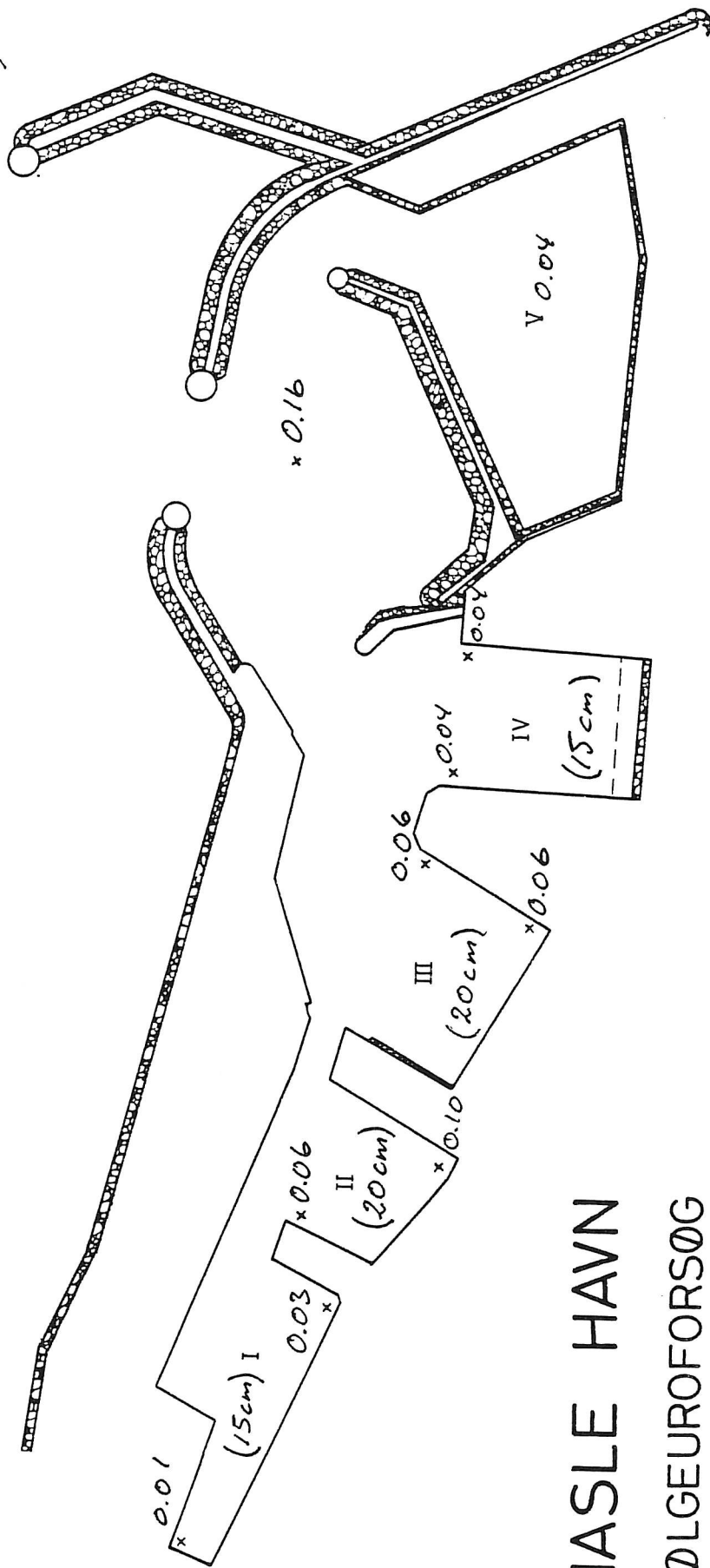
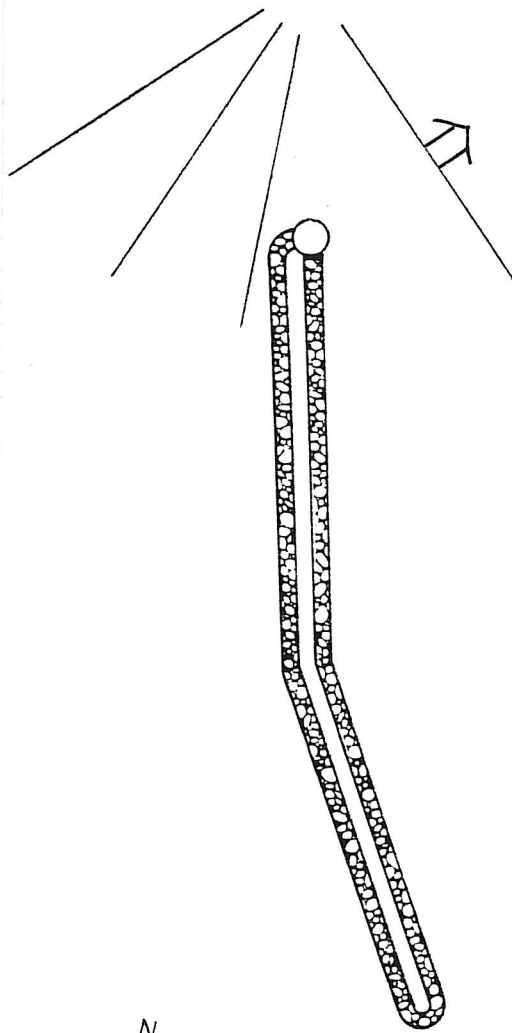
BØLGEPERIODE (T_p): 11.7 sek

TOPKOTE AF MOLE: ≤ 3.5 m

TAL ANGIVER BØLGEDÆMPNINGSKOEFFICIENTER.

TAL I PARENTES ANGIVER TYPISK HØJDE AF

LANGPERIODISKE VANDSPEJLSVARIATIONER.



HASLE HAVN

BØLGEUROFORSØG

april 1987

BILAG 7.2