

O-343.

Forurensning av Bjørndalspollen.

Del II.

Tidevannsutveksling i Bjørndalspollen.

Saksbehandler: Siv.ing. T. Simensen,

Rapporten avsluttet i oktober 1964.

Delrapport tidevannsutveksling i Bjørndalspollen.

Del II.

INNLEDNING.

Følgende delrapport behandler problemet tidevannsutveksling gjennom en kunstig kanal med alternative kanaltverrsnitt, mellom Mathopsvågen og Bjørndalspollen (fig. 1).

En evnetuell kanalisering utføres i den hensikt dels å øke vannutvekslingen, og dels å åpne for småbåttrafikk.

De nødvendige data for beregninger er dels mottatt fra Laksevåg kommune, dels basert på erfaringer fra instituttets undersøkelser av tidevannsutskiftningen i Nordåsvatnet.

Data over nedbørforhold og avrenning til Bjørndalspollen er tatt ut av "Nedbøren i Norge" og videre bearbeidet av oss i samarbeid med universitetet i Bergen. Resultatene er fremstilt i figur 2 og 3. Tidevannsdata er dels hentet fra tidevannstabeller for Norges kyst, og dels fra observasjoner foretatt av Laksevåg kommune, figur 4.

FORUTSETNINGER.

Nedbørfelt for Bjørndalspollen:  $3500\ 000\ m^2$ , hvorav Bjørndalspollen utgjør:  $260\ 000\ m^2$ .

Høy- og lavvann i Mathopsvågen ligger 24 min. foran Bergen i tid.

Tidevannsperiode ca.  $T = 12,42$  timer.

Antatt midlere tidevannsamplityde  $\pm 0,5$  m.

Tidevannsvariasjoner er antatt å variere regelmessig som en sinus-funksjon.

Antatt maks. tidevannsamplityde  $\pm 0,8$  m.

Volum av Bjørndalspollen er anslagsvis satt til  $V = 26 \times 10^5\ m^3$  (fig. 5).

TEORETISKE BETRAKTNINGER.

Tidevannets innflytelse på utskiftningen av vann i Bjørndalspollen kan matematisk forklares ved kombinasjon av følgende tre antagelser:

1. Vannstandsvariasjoner i Bjørndalspollen er direkte proporsjonal med tidsintegralet av vannføring i kanalen og ferskvannstilsig.
2. Vannføringen i kanalen er en funksjon av kanalens geometri, ruhet, lengde og tverrsnitt samt nivå differansen over kanalens lengde.
3. Tidevannsvariasjoner i Mathopsvågen kan uttrykkes som funksjon av tiden.

Disse antagelser kan uttrykkes i matematisk form. Det er ikke tatt hensyn til vind, temperatur og trykk.

$$I. \quad q \cdot dt + q_f \cdot dt = A_B \cdot dh_i$$

hvor:  $q$  = vannføring i kanalen

$q_f$  = ferskvannstilsig til Bjørndalspollen

$A_B$  = overflate av Bjørndalspollen

$h_i$  = tidevannsamplityde i Bjørndalspollen

$t$  = tid

$$II. \quad q = \frac{R^{2/3} \cdot A}{n} \sqrt{\frac{\Delta h}{L}} = \frac{R^{2/3} \cdot A}{n \cdot L^{1/2}} \sqrt{\Delta h}$$

hvor:  $A$  = kanalens gjennomsnittlige våte areal

$n$  = ruhetskoeffisient

$L$  = kanalens lengde

$h$  = nivå differanse over kanalens lengde

$$III. \quad h_u = H_u \cos \frac{2 \cdot 3,14 \cdot t}{T}$$

hvor  $h_u$  = tidevannsamplityde i Mathopsvågen

$H_u = 2 \cdot h_u$  maks.

$t$  = tid

$T$  = tidevannsperiode på 12,42 timer

Ved å anvende de tre angitte likninger ble vannføringen fremstilt grafisk på en analogregnemaskin ("Mons") ved Sentralinstituttet for industriell forskning.

Under prøveregningen ble tidevannsamplityden  $h_u$ , ruhetskoeffisienten  $n$  og ferskvannstilførslen  $q_f$  variert i følgende områder:

$$0,5 \text{ m} < h_u < 0,8 \text{ m}$$

$$0,03 < n < 0,04$$

$$0,75 \text{ m}^3/\text{sek} < q_f < 2,5 \text{ m}^3/\text{sek}$$

(tall for tidevannsamplityde og ferskvannstilførsel angir midlere og maksimale verdier).

Prøveregning ble foretatt for å se hvilken praktisk betydning de enkelte faktorerens variasjoner hadde. På bakgrunn av tidligere erfaringer, resultat av prøveregninger og at prisomkostningene skulle holdes innen rimelighetens grenser, blir de endelige utregninger foretatt for

$$q_f = 0,75 \text{ m}^3/\text{sek}$$

$$n = 0,035 \quad \text{og}$$

$$h_u = 0,5 \text{ m} \quad \text{samt}$$

$$h_u = 0,8 \text{ m}$$

Da variasjonene av kanaltverrsnittet var av størst interesse ble utregningene foretatt for en rekke tverrsnitt (se tabell 1 og figur 1) hvorav tverrsnitt V og VI var foreslått av Laksevåg kommune.

For å lette operasjonene på regnemaskinen ble likning II omformet til

$$k = \frac{q_f}{\sqrt{\Delta h}} = \frac{1}{n} \cdot \frac{R^{2/3} \cdot A}{L^{1/2}} = \frac{1}{n} \frac{K}{L^{1/2}}$$

$$K = R^{2/3} \cdot A$$

Ved å variere  $h_u$  og  $k$  ga maskinen verdier for vannføringen. Disse verdier er for de antatte  $k$ -verdier med tilsvarende amplityder gyldig for alle tverrsnitt med  $K = R^{2/3} \cdot A = \text{konstant}$ .

I tabell 1 har vi for en rekke kanaltverrsnitt eller  $k$ -verdier regnet ut midlere vannføring inn og ut av Bjørndalspollen, vannføringene gjennom kanalen over en tidevannssyklus som % av Bjørndalspollens totalvolum, samt hastigheten for utadgående strøm (som er større enn innadgående). Forholdet med laveste og høyeste punkt på tidevannsbølgen inne i Bjørndalspollen og ute i Mathopsvågen - såkalt dempningskoeffisient - er også tatt med.

KONKLUSJON.Vannutskiftningen.

For kanaltverrsnitt I, II og III (tab. 1) er det relativt liten vannføring. Maksimal dempningskoeffisient ligger på ca. 0,77. Øker vi derimot kanaltverrsnittet får vi straks et større utslag. Allerede med tverrsnitt IV har vi oppnådd en dempningskoeffisient på 0,94. Variasjoner i vannføringen for kanal IV til VIII er små.

Antar vi at det ved flo sjø strømmer friskt sjøvann inn i Bjørndalspollen, vil en total teoretisk vannutskiftning i Bjørndalspollen ta fra 5 - 10 dager, avhengig av kanalstørrelse og tidevannsamplityde.

Dette må betraktes som en kort utskiftningstid for slike fjorder og man må i tillegg kunne regne med at et tungt bunnsjikt i Bjørndalspollen vanligvis ikke vil være med i utskiftningen, slik at tiden vil ytterligere reduseres. På den annen side vil en del vann pendle frem og tilbake og dermed øke utskiftningstiden. Vanligvis vil det inngående vann være tyngre enn overflatelaget i Bjørndalspollen og derved synke ned under dette, mens ved utgående vann må overflatelaget, som følge av et lite kanaldyp, nødvendigvis trekkes ut. På denne måten vil man, uansett hvilket kanaltverrsnitt man velger, ha en relativt hyppig utskiftning av overflatevannet i Bjørndalspollen.

Tilførsel av kloakkvann.

På tross av gunstige utskiftningsforhold må man regne med at tilførsel av kloakkvann vil gi årsak til øket vekst langs strendene, samtidig som vannmassene vil kunne oppvise vekst i form av algeoppblomstringer gjennom sommerhalvåret.

Ved en evnetuell kloakktilførsel direkte til Bjørndalspollen synes det naturlig å velge en kanalbredde på 7 - 8 m for å oppnå en sterkest mulig utskiftning innenfor den rimeligste økonomiske ramme. Kanalens dybde synes å ha mindre betydning enn bredden. (fig. 10).

Da vi ikke sitter inne med et direkte kvalitativt kjennskap til vekstbetingelser i Bjørndalspollen er det vanskelig å fastsette et konkret tall for hvilke kloakkvannsmengder som skal kunne tilføres uten at det oppstår uønskede vekstforhold. Dessuten kjenner man lite til spørsmålet om hvilke reelle fortynningsmengder som står til rådighet, d.v.s. hvor mye "nytt" sjøvann bringes inn gjennom kanalen pr. tidevannssyklus. For imidlertid å gjøre et overslag antar vi at kloakkvannet

skal kunne fortynnes 1/1000. Dette er den kloakkvannsmengden som skal til, ved tilsetning til upåvirket Oslofjordvann, for å gi et første svakt tegn på øket vekst av alger (Scenedesmus). Vi antar dessuten at 50% av det vann som fraktes inn i Bjørndalspollen pr. tidevannssyklus utgjør den tilgjengelige fortynningsvannmengde. (Dette tallet vil være avhengig av strømforholdene i den indre del av Mathopsvågen etter en utvidelse av kanaltverrsnittet, samt vindforholdene til enhver tid.)

Med de ovenfor nevnte antagelser vil antall mennesker som kan belastes området beløpe seg til ca. 1500. Det er da forutsatt at alt slammet i kloakkvannet fjernes i et sedimenteringsanlegg og at det rensede kloakkvannet føres ut i Bjørndalspollen ved hjelp av en dypvannsledning og blandes effektivt inn i sjøvannet gjennom en diffusor.

#### Småbåttrafikk.

Maksimale vannhastigheter i kanalen er fremstilt i fig.11 som funksjon av kanalbredde og dyp. Som sammenlikning kan nevnes at i Nordåsvannstrømmen ligger de maksimale hastigheter på 1,7 - 2,0 m/sek avhengig av tidevannsamplityden.

En kanalbredde på 7 - 8 m vil ved midlere tidevannsamplityde på  $\pm 0,5$  m gi hastigheter på 1,2 - 1,5 m/sek og derved gi mulighet for å kjøre gjennom med nær sagt alle kategorier av motorbåter. Robåter og seilbåter bør antagelig trekkes i gjennom. Maksimale tidevannsamplityder på  $\pm 0,8$  m vil opptre en beskjeden tid av året.

Tabell 1.

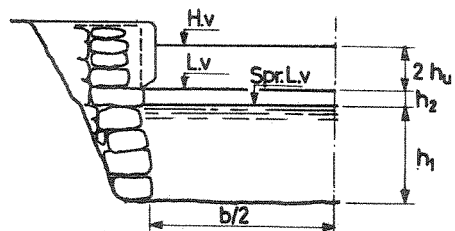
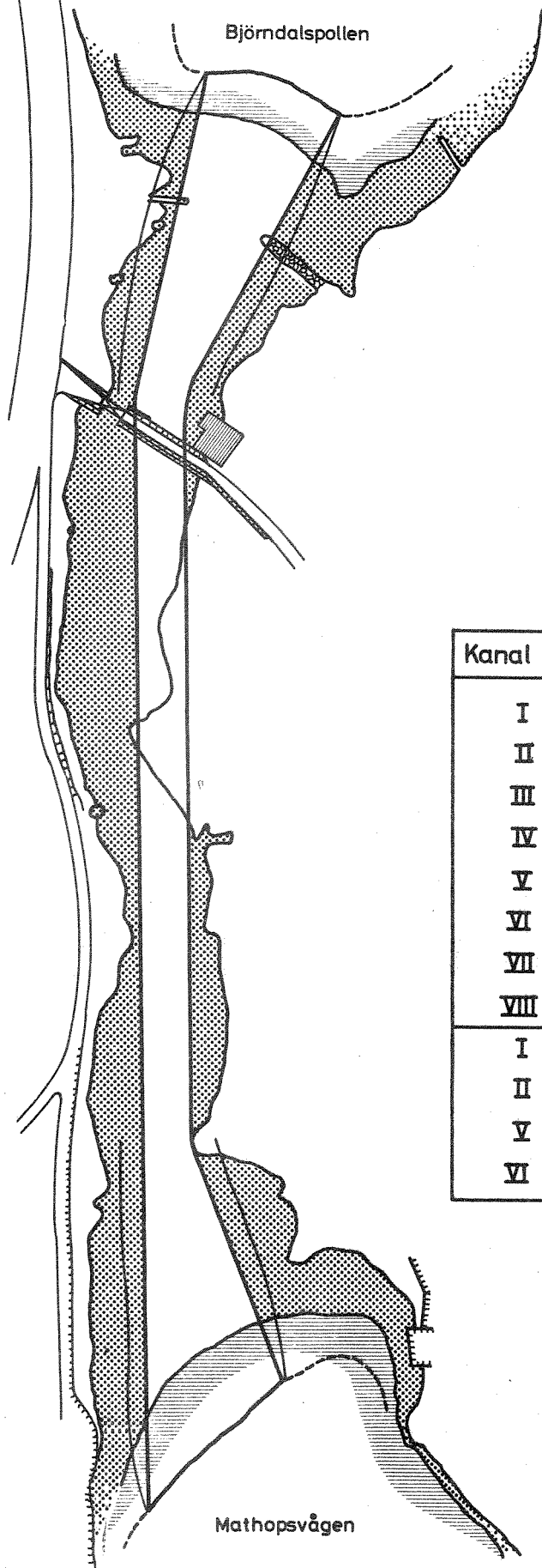
Midlere tidevannsamplityde =  $\pm 0,5$  m

KANALDATA		V A N N F Ø R R I N G										Dempnings- koeff.
		INN KANALEN					UT KANALEN					
Kanal nr.	Bredde m	Bunnkvote u.Spr.L.V	Kanal-koeff.	$Q_{inn} \frac{10^4 m^3}{sek.}$	$Q_{3inn} \frac{m^3}{sek.}$	$\frac{Q_{inn.100}}{V Bj. P.}$	$Q_{ut} \frac{10^4 m^3}{sek.}$	$Q_{3ut} \frac{m^3}{sek.}$	$Q_{ut} \times V Bj. P.$	$\frac{Q_{ut.100}}{V Bj. P.}$	$V_{maks} \frac{m}{sek}$	
I	3,0	- 1,0	8,07	7,56	5,0	2,9	12,42	6,0	4,9	4,9	1,18	0,72
II	3,0	- 1,5	12,04	11,52	7,5	4,5	14,04	8,5	5,4	5,4	1,38	-
III	5,0	- 1,0	19,45	16,74	11,0	6,4	19,44	12,5	7,5	7,5	1,56	0,77
IV	5,0	- 1,5	30,45	20,70	13,5	8,0	25,56	17,0	9,8	9,8	1,62	0,94
V	10,0	- 1,0	55,00	22,56	16,2	8,7	24,66	18,75	9,5	9,5	1,16	1,00
VI	10,0	- 1,5	91,29	21,60	17	8,3	26,28	18,5	10,1	10,1	0,85	1,00
VII	15,0	- 1,0	95,17	22,14	17	8,5	26,28	19	10,1	10,1	0,7	1,00
VIII	15,0	- 1,5	162,70	23,04	18	8,9	25,20	19	9,7	9,7	0,56	1,00

Tabell 2.

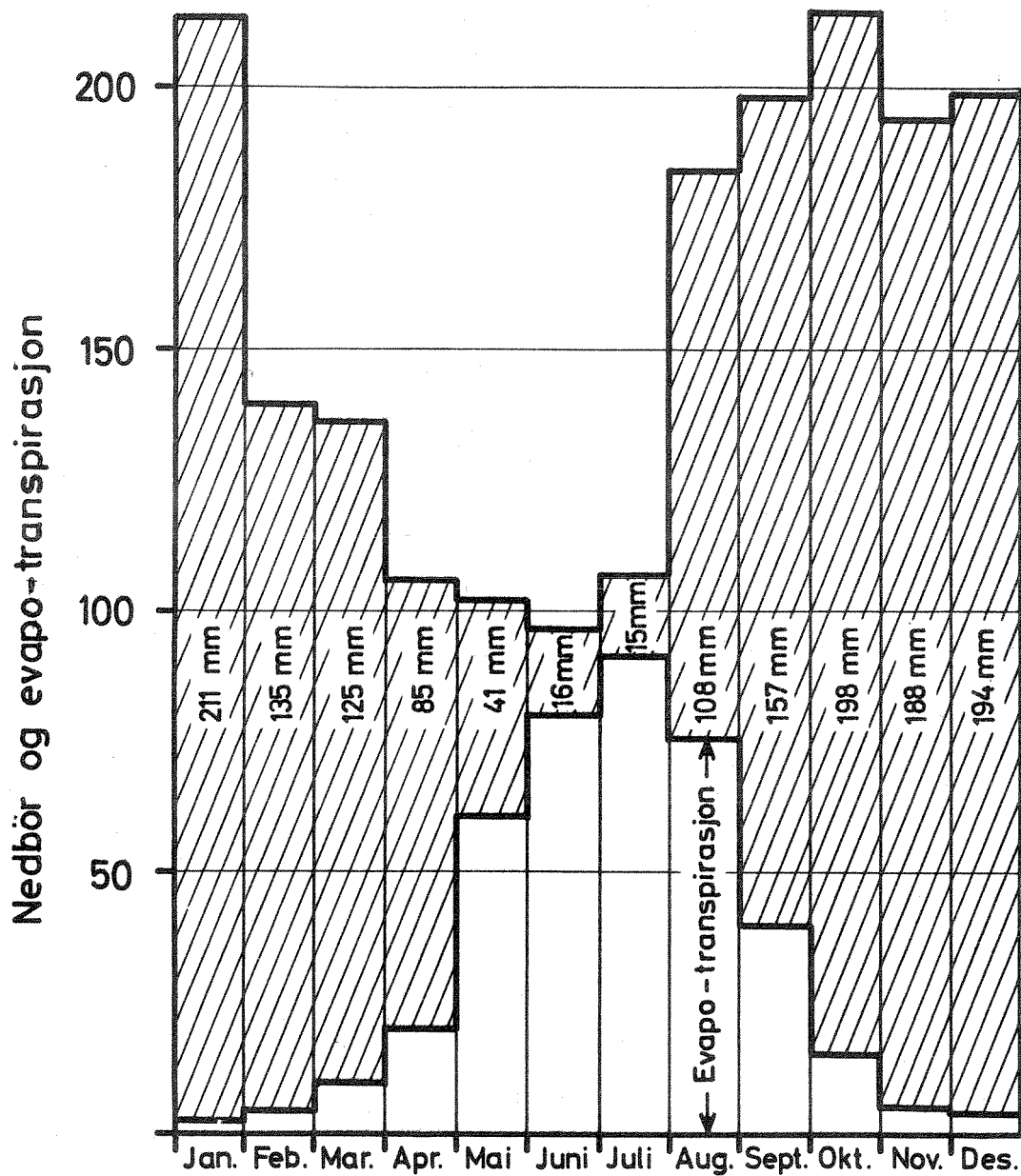
Maks. tidevannsamplityde =  $\pm 0,8$  m

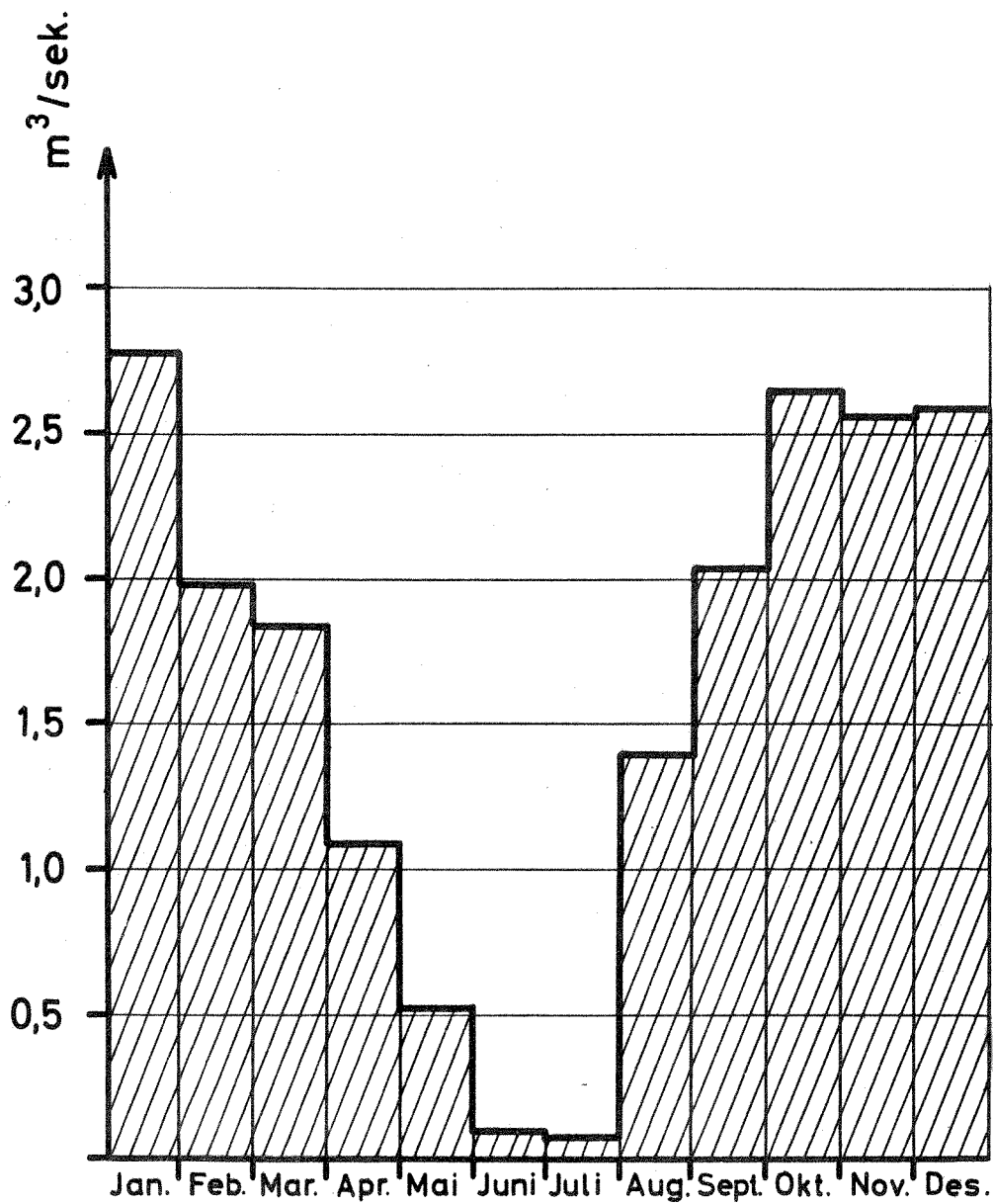
I	3,0	- 1,0	9,61	10,21	8,0	3,9	12,82	9,0	4,9	4,9	1,85	0,35
II	5,0	- 1,0	23,50	22,20	17,0	8,6	24,50	19,0	9,4	9,4	2,35	0,74
V	10,0	- 1,0	69,00	30,25	27,0	11,6	34,50	23,5	13,3	13,3	1,61	1,00
VI	10,0	- 1,5	108,00	37,98	29,0	7,6	41,22	30,0	12,7	12,7	1,07	1,00

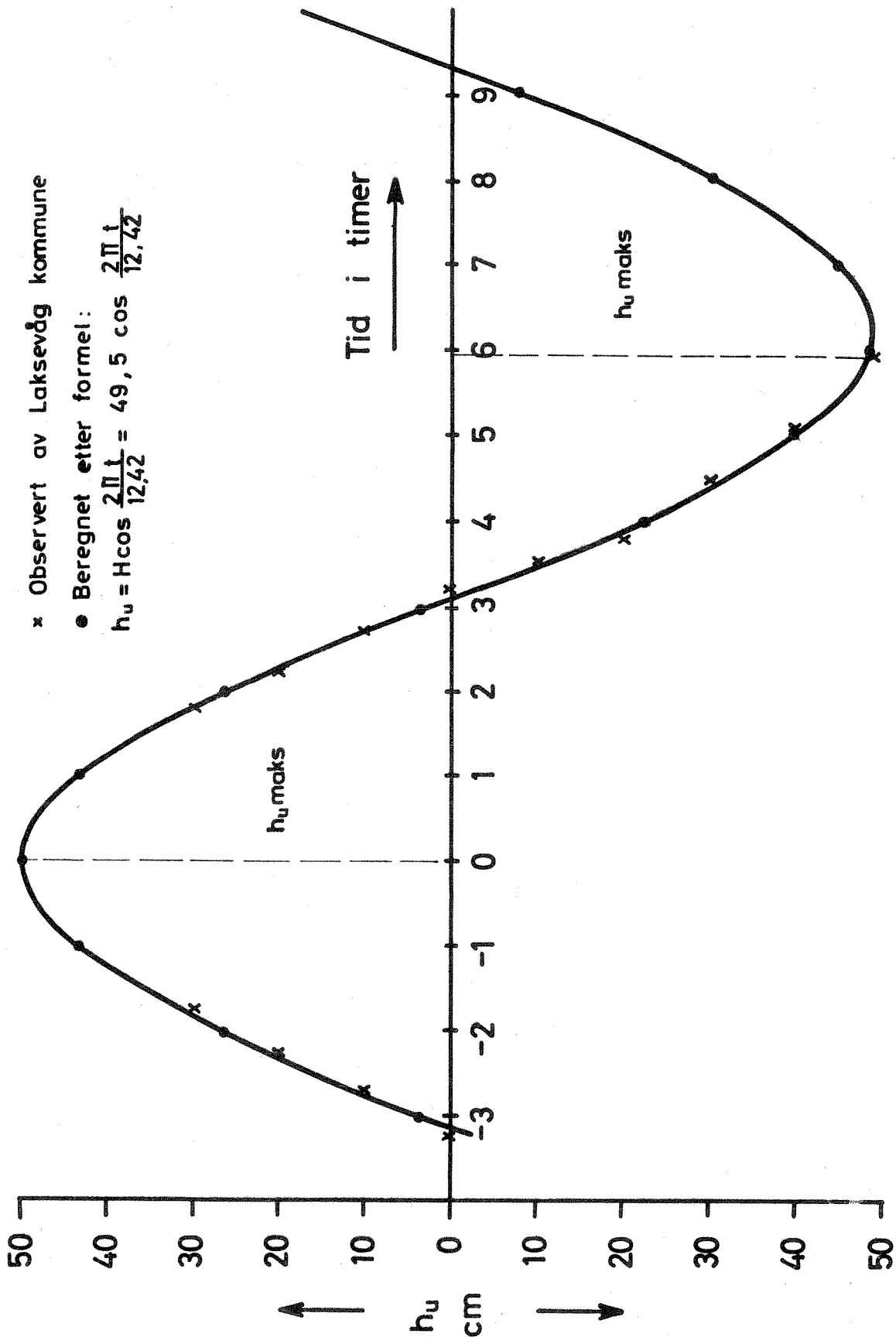


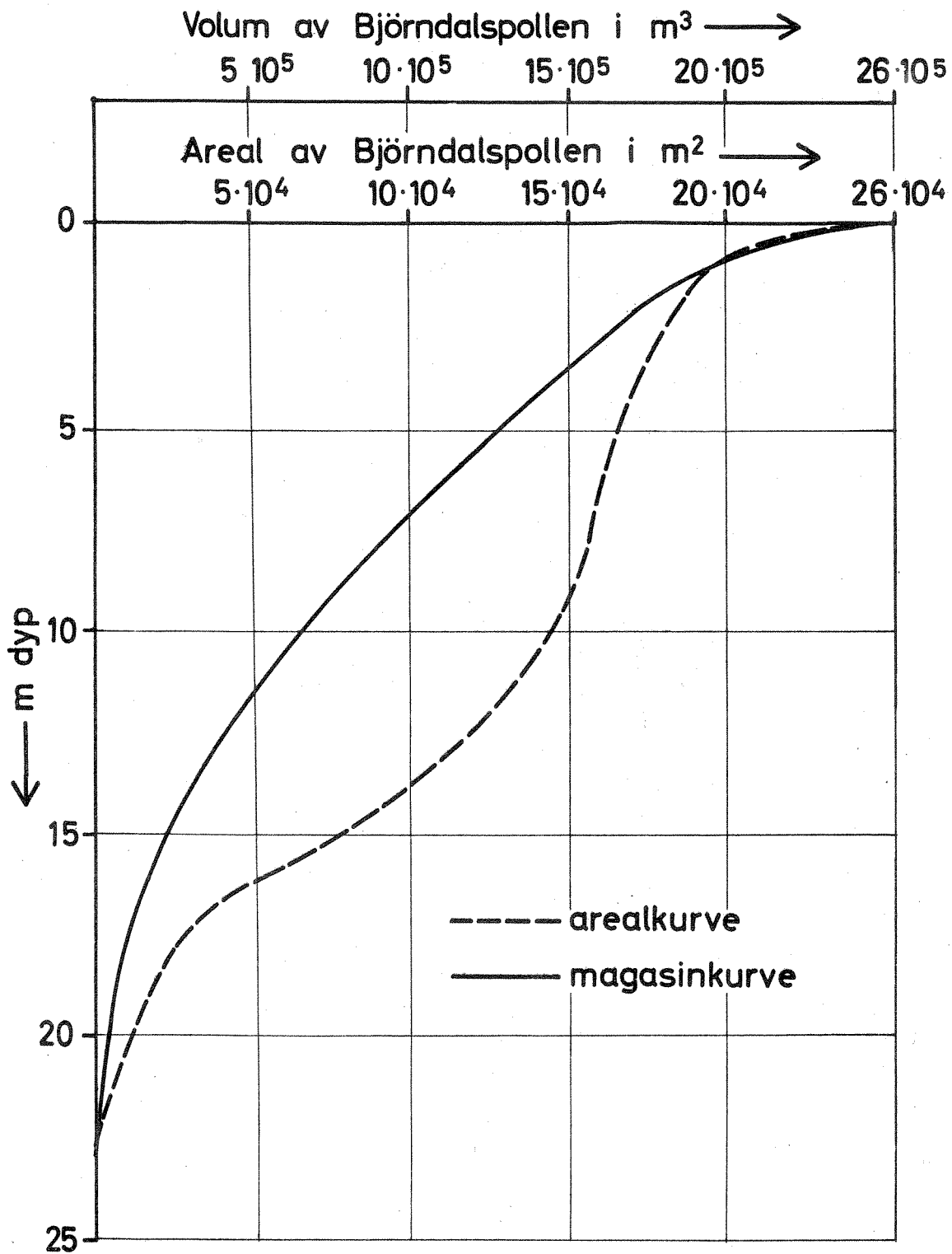
Kanal nr.	b m	$h_1$ m	$h_2$ m	$h_u$ m
I	3,0	1,0	0,3	0,5
II	3,0	1,5	"	"
III	5,0	1,0	"	"
IV	5,0	1,5	"	"
V	10,0	1,0	"	"
VI	10,0	1,5	"	"
VII	15,0	1,0	"	"
VIII	15,0	1,5	"	"
I	3,0	1,0	0,2	0,8
II	5,0	1,0	"	"
V	10,0	1,0	"	"
VI	10,0	1,5	"	"



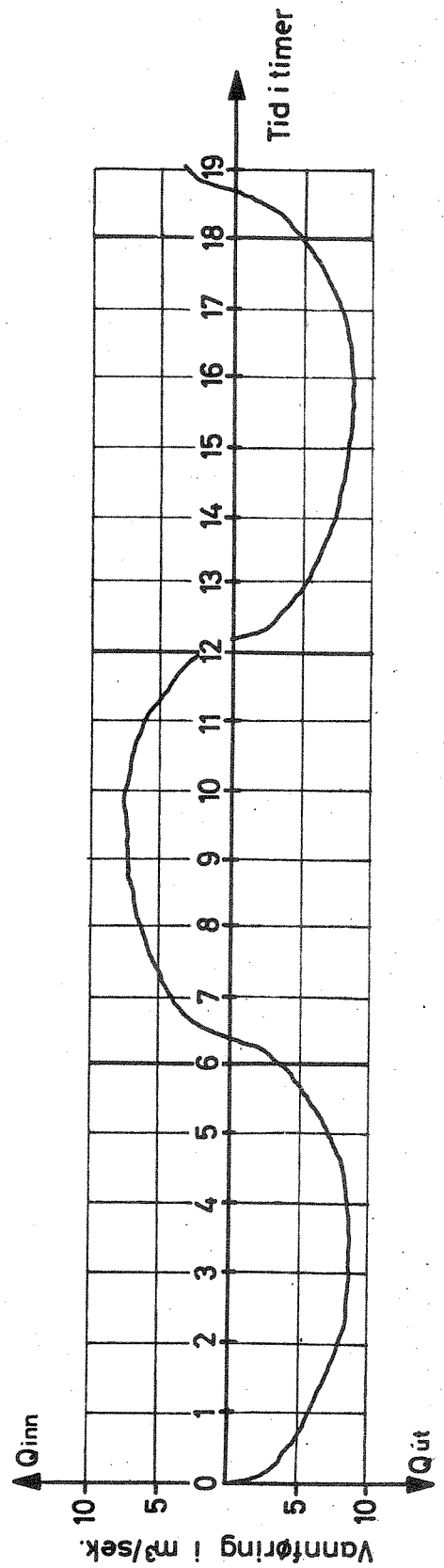
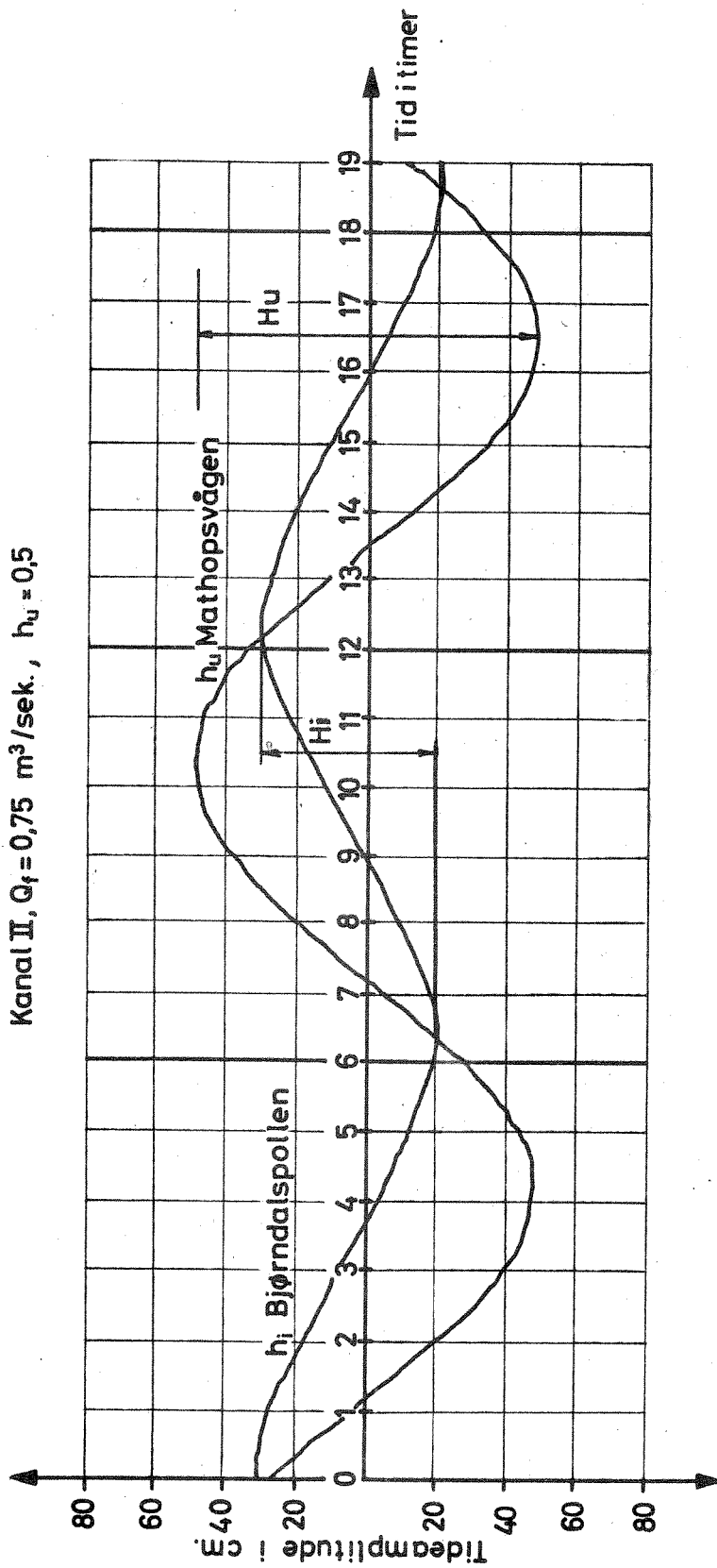


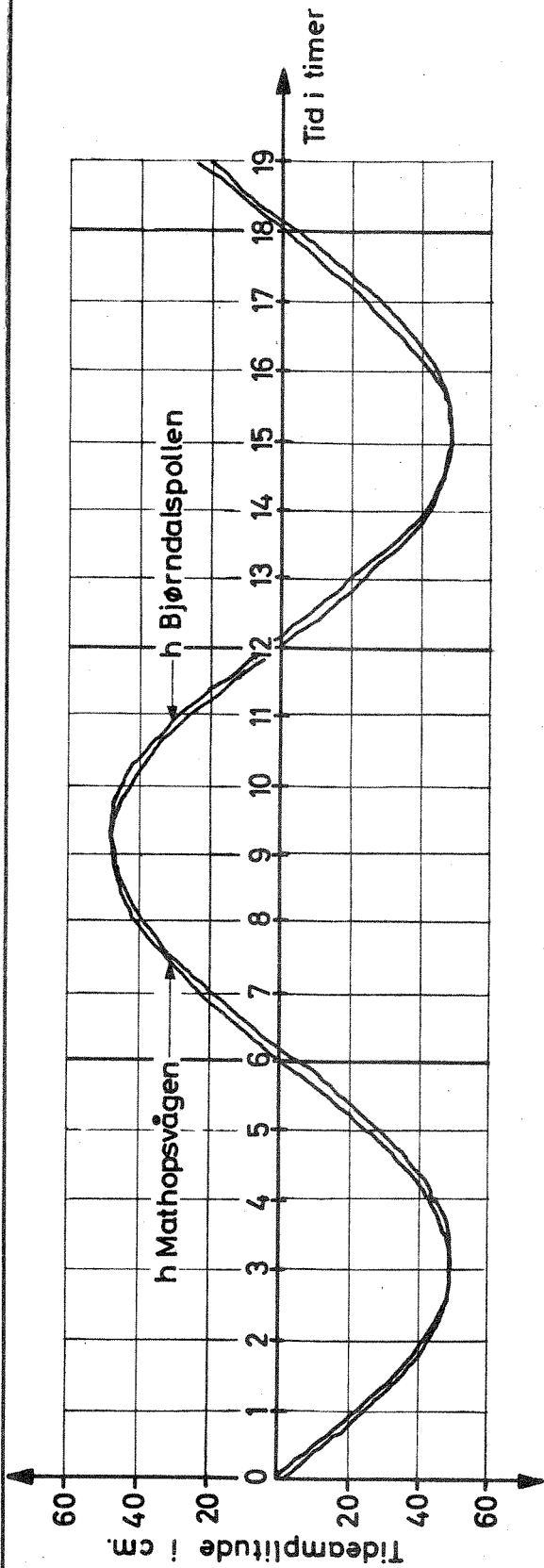




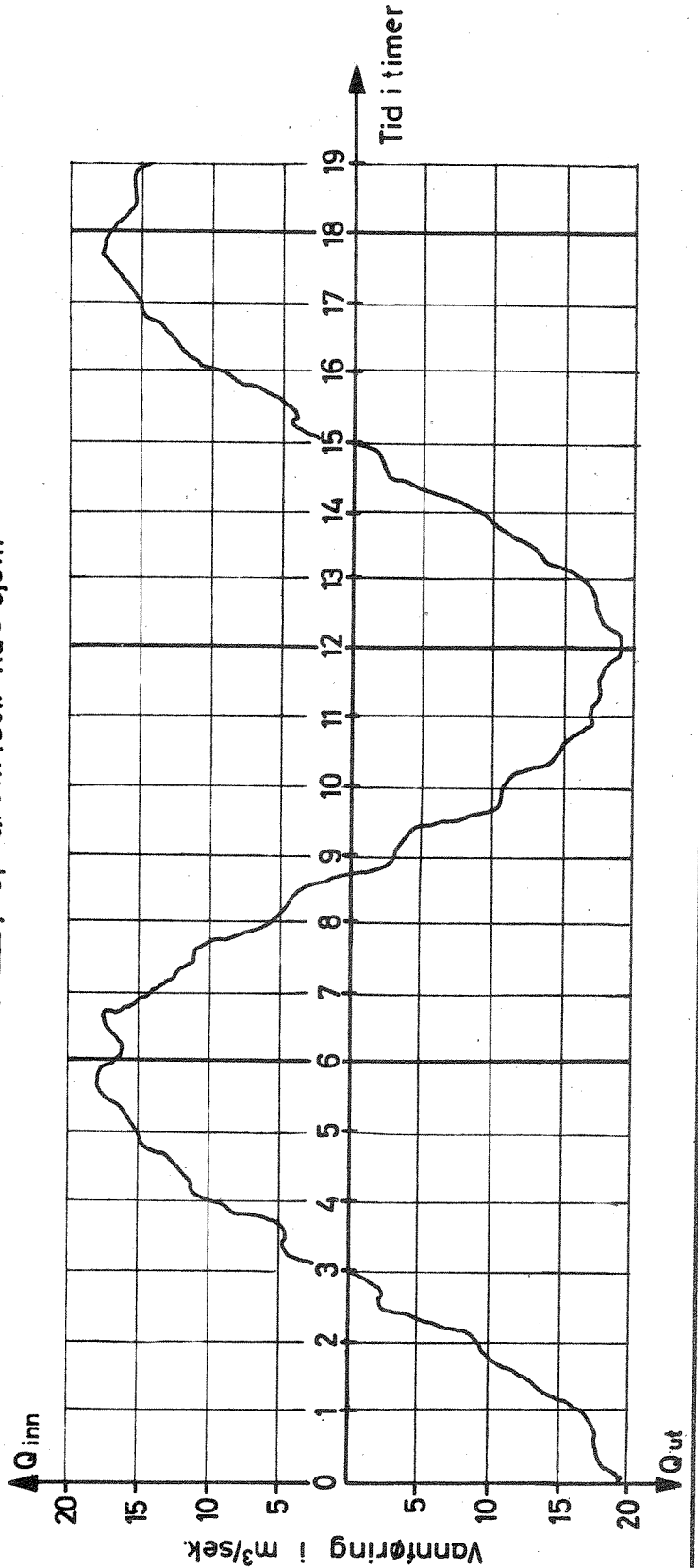


Kanal II,  $Q_f = 0,75 \text{ m}^3/\text{sek.}$ ,  $h_u = 0,5$

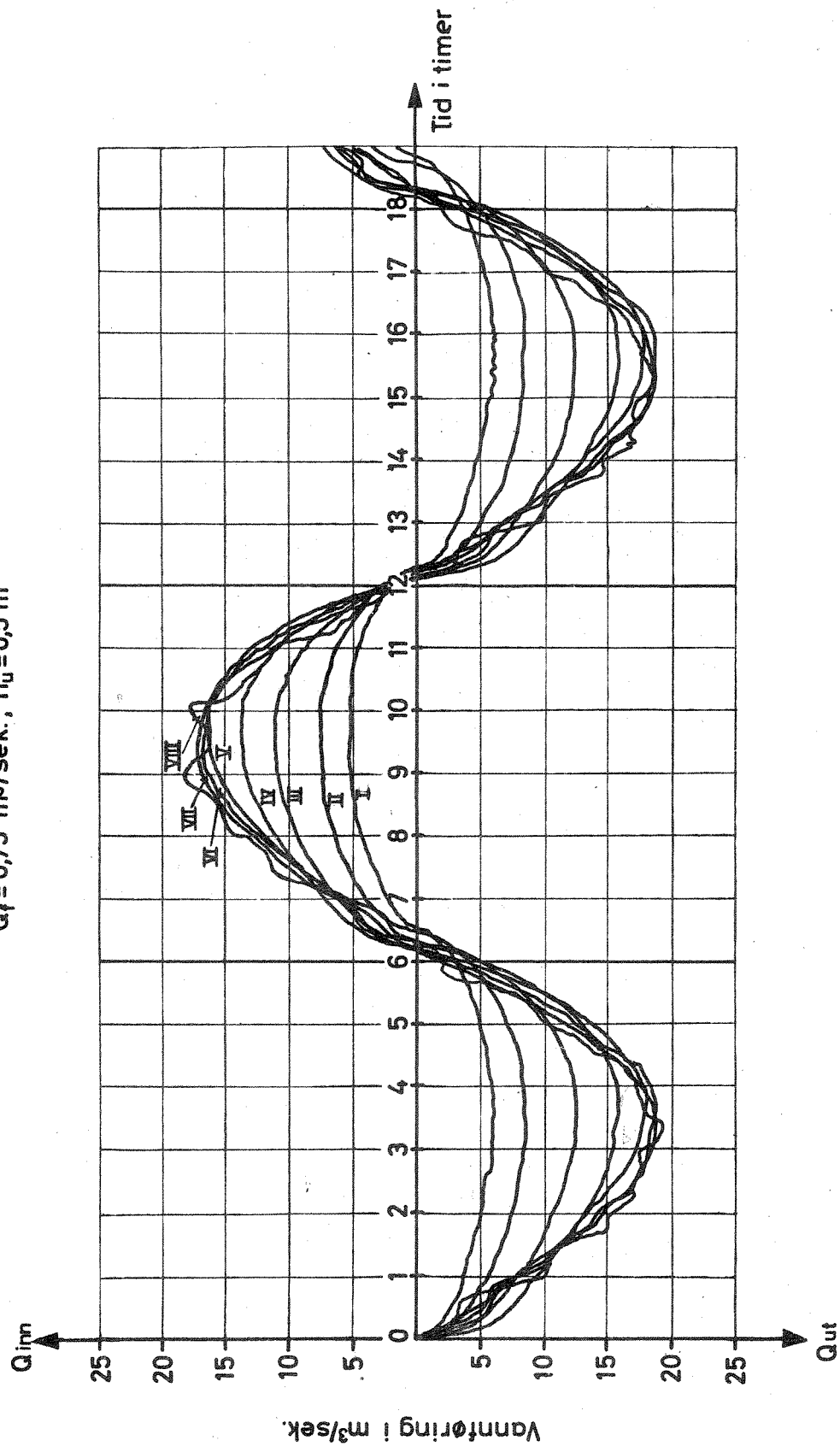




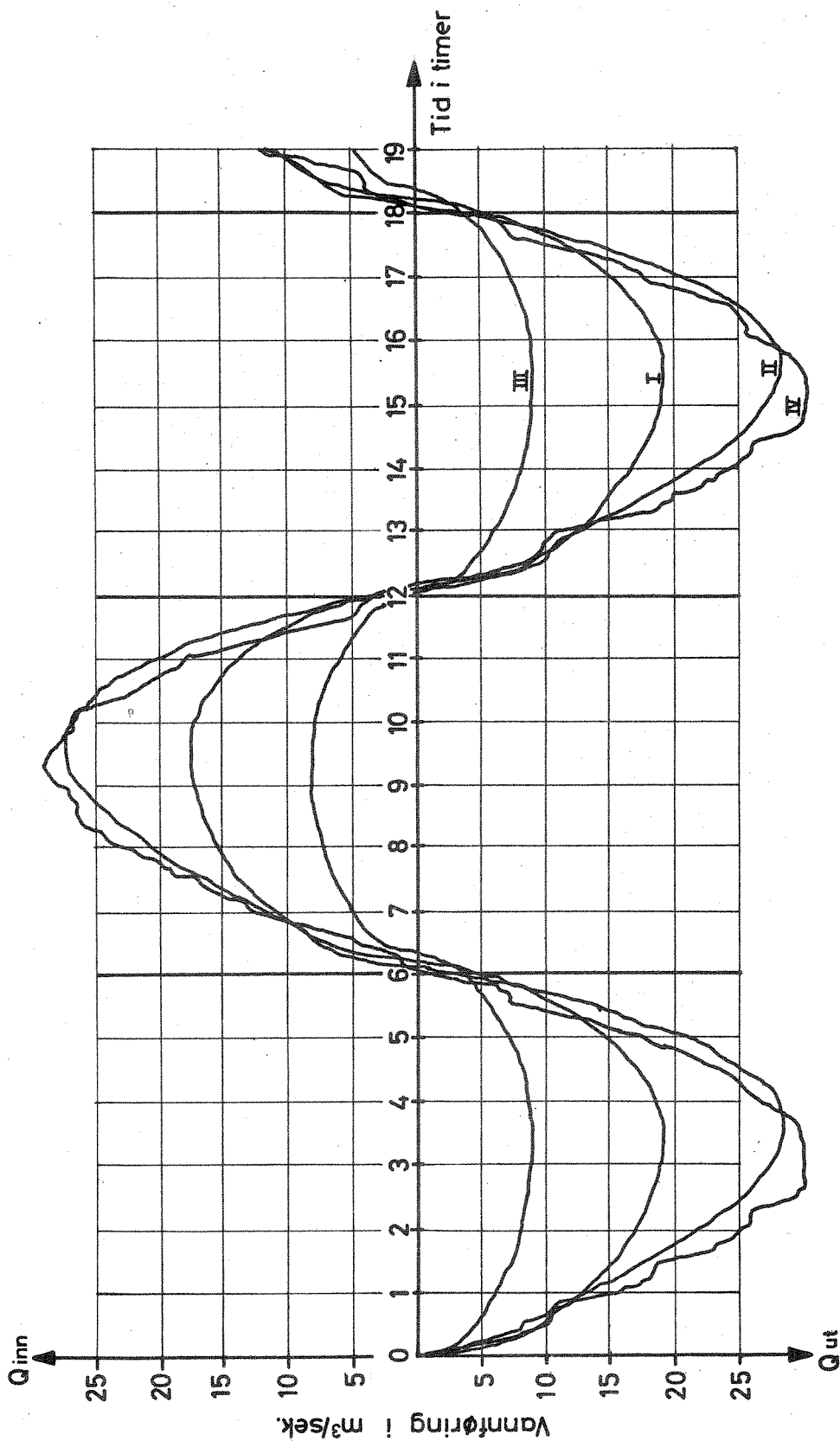
Kanal VIII,  $Q_f = 0.75 \text{ m}^3/\text{sek}$   $h_u = 0.5 \text{ m}$



$Q_f = 0,75 \text{ m}^3/\text{sek.}, h_u = 0,5 \text{ m}$



$Q_f = 0,75 \text{ m}^3/\text{sek.}, h_u = 0,8 \text{ m}$





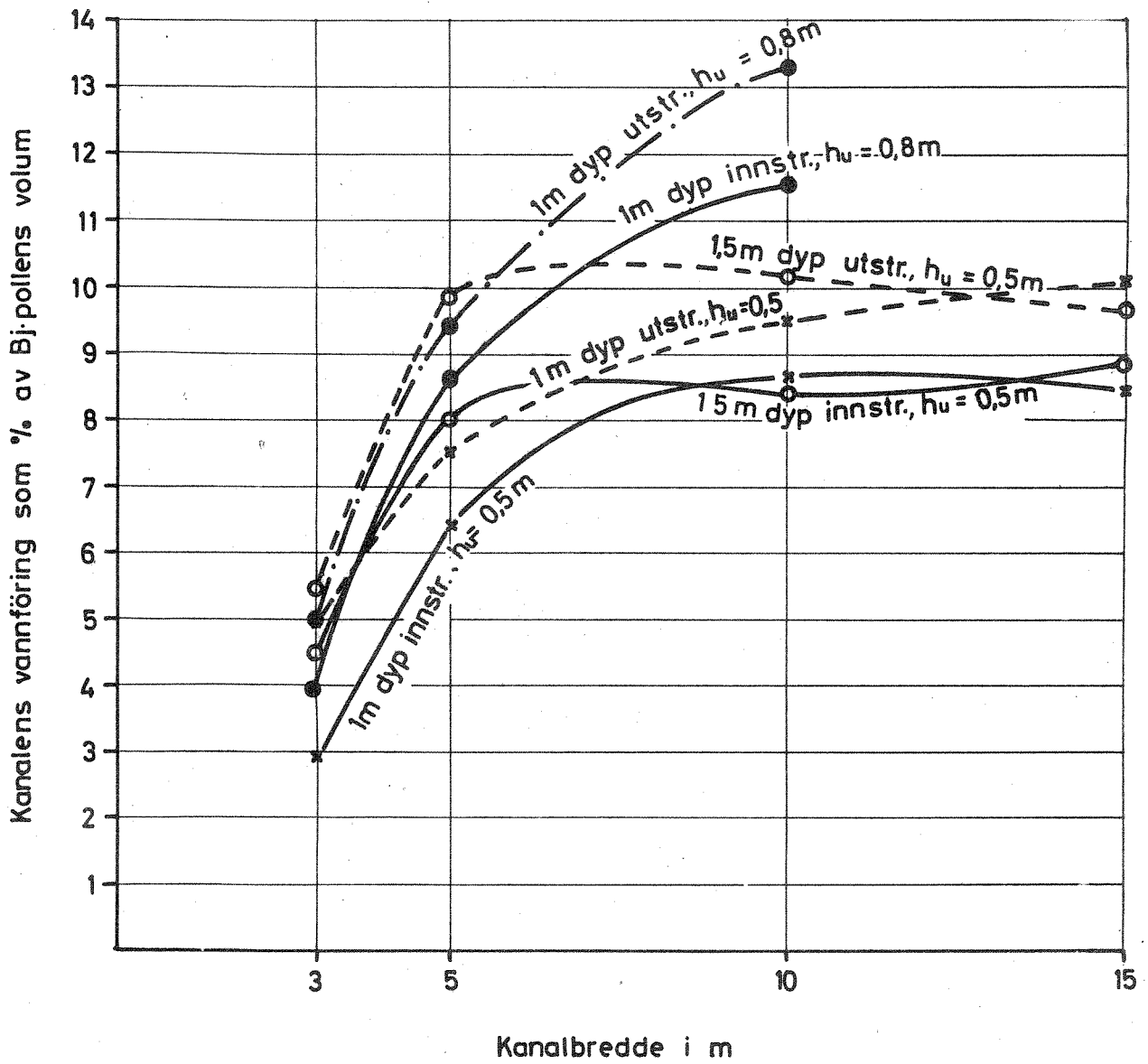


Fig. 10

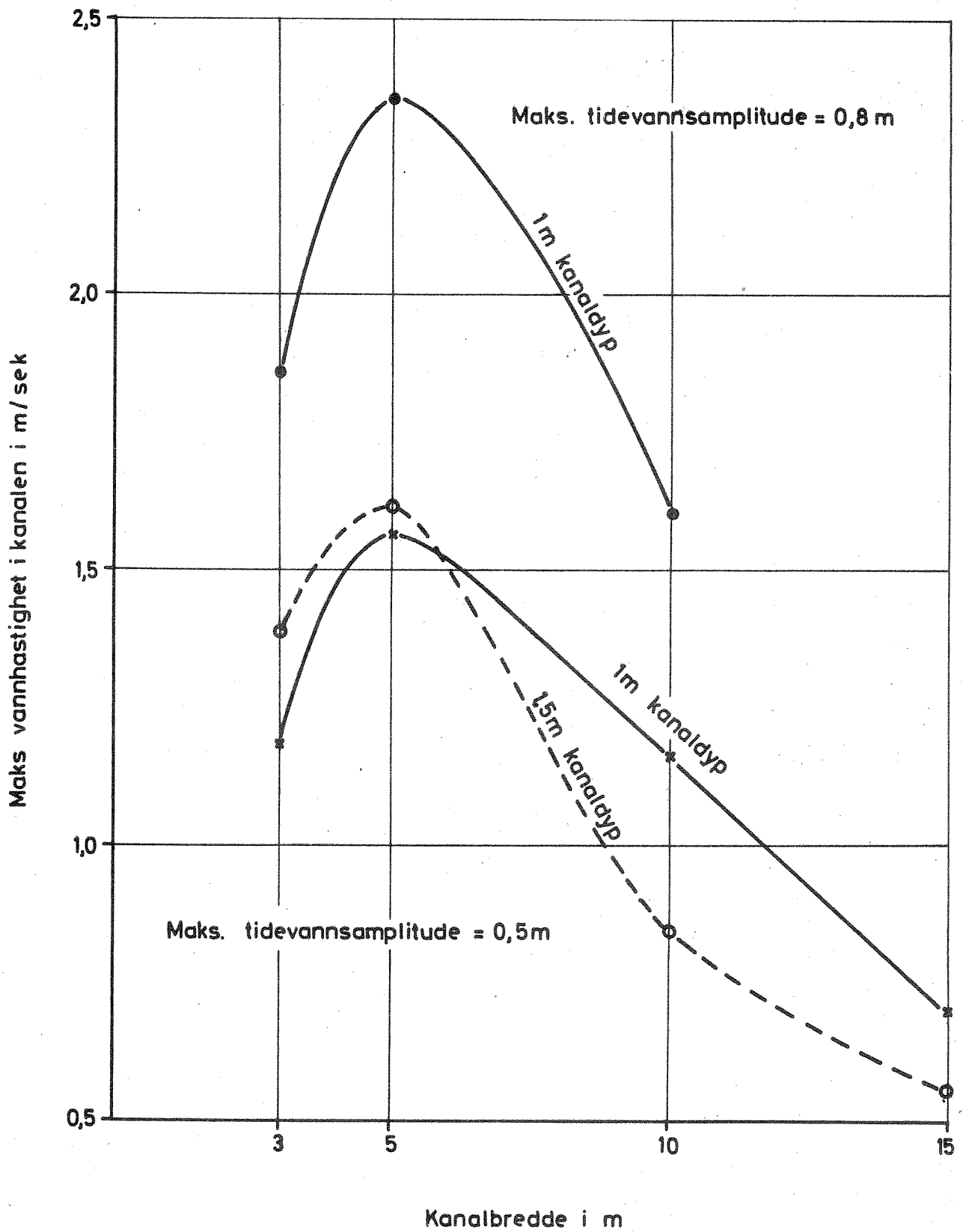


Fig11