



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

ISSN 0348 - 1069

Dimensionerande regn vid höga vattenstånd i Göta älv

**Intensitets - varaktighets - vattenståndskurvor
för Göteborg**

Jan - Arne Nilsdal

Anders Sjöberg

Report

Göteborg 1979

Series B : 16



Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

ISSN 0348-1069

Dimensionerande regn vid höga
vattenstånd i Göta älv

Intensitets-varaktighets-vattenstånds-
kurvor för Göteborg

Jan-Arne Nilsdal
Anders Sjöberg

Report
Series B:16

Göteborg 1979

Adress: Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg, Sweden

Telefon: 031/81 01 00

FÖRORD

Dagvattenledningar mynnande i Göta älv kan ej dimensioneras enbart med utgångspunkt från någon viss dimensionerande nederbördssituation utan hänsyn måste tas även till eventuella dämningseffekter. Om vattennivån i älven står högre än ledningens mynning erhålles en uppdämning som kan reducera ledningens kapacitet. Göteborgs VA-verk uppdrog därför åt institutionen för vattenbyggnad, CTH att studera sambandet mellan häftiga regn och vattenståndet i Göta älv. Kontaktman vid Göteborgs VA-verk har varit civ.ing. Valter Svantesson.

I rapporten redovisas intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor för olika återkomsttider. Kurvorna har konstruerats med utgångspunkt från befintliga vattenstånds- och nederbördsdata.

Göteborg 1979-01-10

Anders Sjöberg

INNEHÅLL

	sid.
1. INLEDNING	1
2. VATTENSTÅNDSDATA	2
3. NEDERBÖRDSDATA	8
3.1 Nederbördsstationer	8
3.2 Principen för databearbetning	8
3.3 Statistisk bearbetning	11
4. KOPPLING AV NEDERBÖRDSINTENSITETER OCH VATTEN- STÅND	15
4.1 Allmänt	15
4.2 Bestämning av maximalt vattenstånd under ett nederbörds- tillfälle	15
4.3 Plottning av nederbördsintensiteter - vattenstånd	18
4.4 Konstruktion av intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor	18
5. INTENSITETS-VARAKTIGHETS-VATTENSTÅNSKURVOR FÖR GÖTEBORG	25
6. PRAKTISK ANVÄNDNING AV DE FRAMTAGNA KURVORNA	30
7. REFERENSER	32
BILAGOR	33

1. INLEDNING

Dagvattenledningar mynnande i eller i direkt anslutning till Göta älv kan inte dimensioneras enbart med utgångspunkt från någon viss dimensionerande nederbördssituation utan hänsyn måste även tas till variationerna i älvens vattennivå. Om vattennivån står högre än ledningens mynning erhålles en uppdämning som vid små ledningslutningar kan starkt reducera ledningarnas kapacitet och påverka flödesförhållandena långt upp i systemet.

Det är inte självklart vilken kombination vattenstånd - nederbördsintensitet som ledningssystemet skall dimensioneras för. Ett kraftigt regn då vattennivån i älven är låg behöver ej vålla några problem medan ett mindre regn vid högvattenstånd kan ge översvämning.

Vid konventionell dimensionering utnyttjas s.k. intensitets-varaktighetskurvor vid valet av dimensionerande regn. Sådana kurvor finns tillgängliga för olika återkomsttider (1, 2, 5 och 10 år). För att vattennivån i älven skall kunna beaktas vid dimensioneringen krävs emellertid en koppling mellan nederbörds- och vattennivåstatistik. Denna koppling kan erhållas genom att man för vissa givna vattennivåer konstruerar intensitets-varaktighetskurvor baserade på enbart de regn som inträffat vid vattenstånd överskridande den givna nivån. Syftet med föreliggande studie har varit att med utgångspunkt från befintliga vattenstånds- och nederbördsdata taga fram sådana intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor för aktuella återkomsttider.

2. VATTENSTÅNDSDATA

Vattenståndsmätningar har under en längre sammanhängande tidsperiod utförts vid Ringön och Klippan, se fig. 1. Båda mätplatserna är centralt belägna inom Göteborg. Pegelremsor från dessa stationer finns tillgängliga på Göteborgs Hamns arkivavdelning.

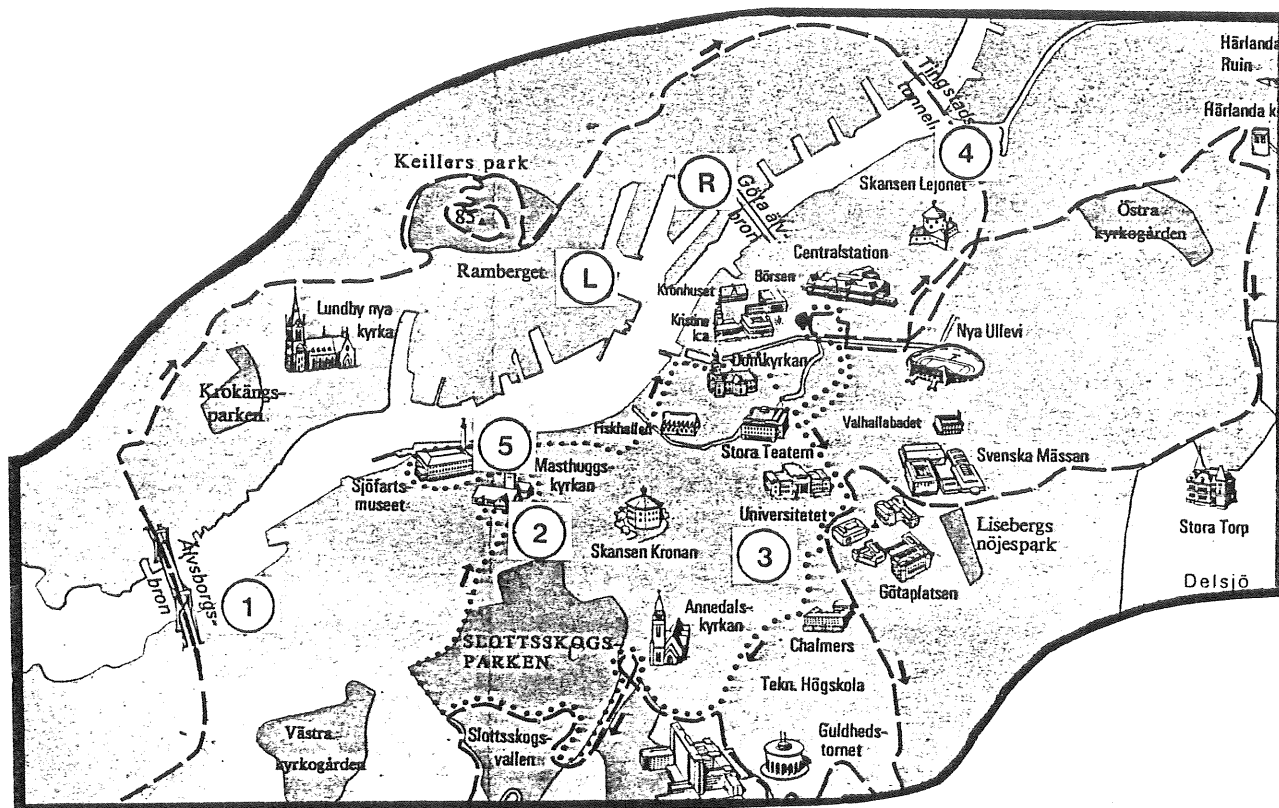
Exempel på registrerade vattennivåer redovisas i fig. 2. Tidvattencykeln, med en period av drygt 12 timmar, återspeglas klart i registreringarna. Den undre pegelkurvan uppvisar dessutom mera kortvariga variationer. Svängningarna är dock så långsamma att de ej kan hänföras till interna svängningar i hamnbassängerna utan måste ha genererats ute i havet. Av fig. 3 framgår även att vattenståndet vid Ringön normalt är några centimeter högre än vid Klippan.

Av de två mätstationerna har Ringön (fd. Stadens varv) bedömts vara den som ger de för Göta älv inom göteborgsområdet mest representativa vattenståndsvärdena. Registreringarna vid Ringön uppvisar dessutom större kontinuitet än vid Klippan. I stort sett oavbrutna registreringar finns således tillgängliga för perioden 1926 - 1953. Smärre luckor har kunnat fyllas med hjälp av värden från Klippan.

För att få en uppfattning om vattenståndets variationsområde har från Göteborgs stadsarkiv inhämtats följande uppgifter (angivna nivåer hänförs till Göteborgs stads höjdsystem):

- högsta högvattenstånd HHW uppmättes i december 1914 till +11.84 m
- lägsta lågvattenstånd LLW uppmättes i februari 1900 till +9.18 m
- medelvattenståndet i början av seklet anges till +10.20 m (det s. k. jämförelseplanet)

Under perioden 1926 - 1953 uppnådda högsta resp lägsta årliga vattenstånd redovisas i tabell 1.



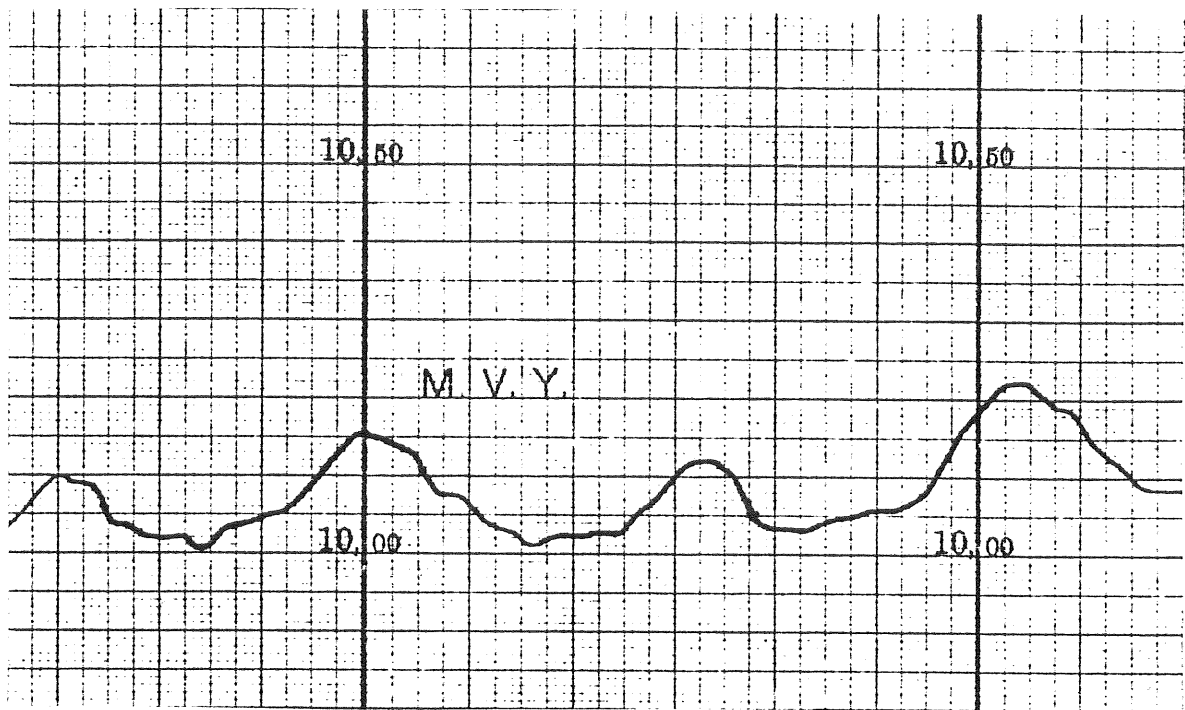
Vattenståndsstationer

R	Ringön
1	Klippan

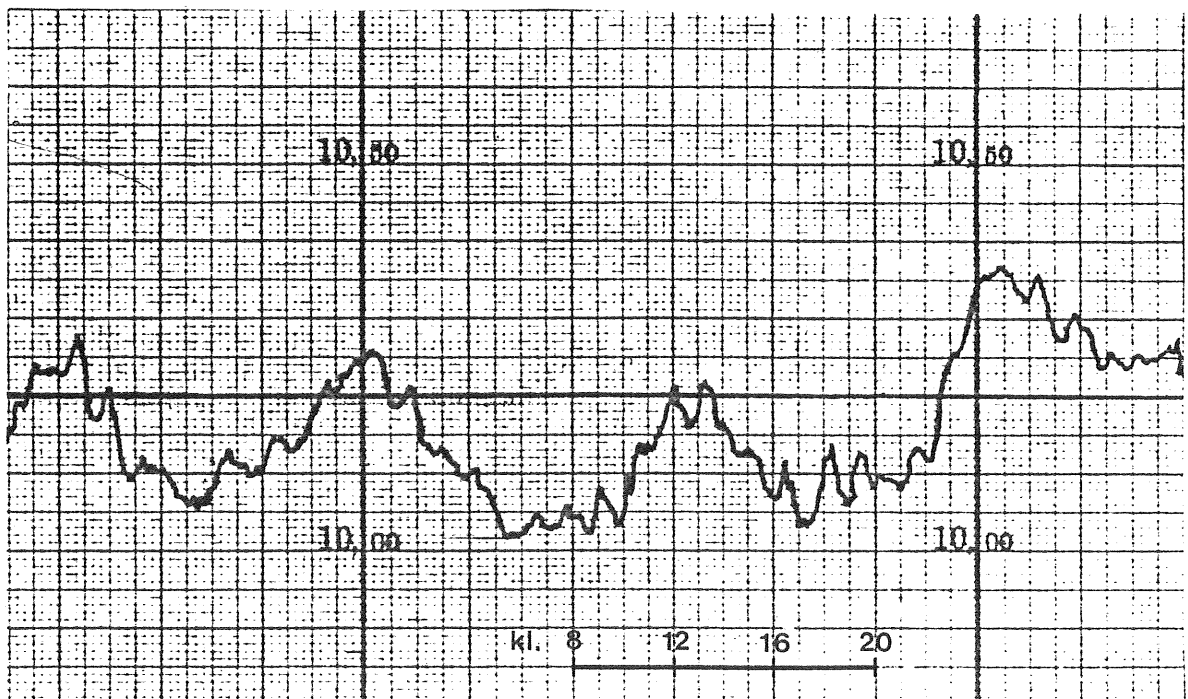
Nederbördsstationer

Beteckning	Plats	Bearbetnings-period	Anmärkning
2	Masthugget	1926-1958	1939, 40, 50, 54 utgår
L	Lundby	1926-1955	
3	Landala	1926-1962	1961 utgår
4	Gullbergsvass	1926-1963	1961, 62 och 63 utgår
5	Barlastplatsen	1926-1971	

Fig. 1 Mätstationers belägenhet inom Göteborg samt tidsperioder för av Arnell (1974) genomförd bearbetning av nederbördsstationernas data.



1936 · 06 · 26



1950 · 07 · 19

Fig. 2 Exempel på vid Ringön registrerade vattenståndsvariationer

De högsta vattenstånden återfinnes företrädesvis vintertid till skillnad från de häftiga regnen som oftast uppträder under sommarhalvåret. Varaktigheten av vattenstånd högre än +10.80 m och +11.00 m har uppskattats till i medeltal 4 resp. 1 dygn per år.

För utloppspunkter belägna långt uppströms eller nedströms Ringön kan en approximativ korrigerig göras för vattenytans lutning. Av i fig. 4 redovisade exempel framgår att denna lutning är av storleksordningen 0.01 m/km.

Landhöjningen, vilken i göteborgstrakten uppgår till i medeltal 2 mm/år, har ej beaktats vid den statistiska bearbetningen av vattenståndsdata, vilka täckte perioden 1926 - 1953. Redovisade diagram kan betraktas som representativa för förhållandena år 1940. I diagrammen angivna vattenståndsvärden kan enkelt korrigeras med avseende på landhöjningen från år 1940 till aktuell tidpunkt, se kap. 6. Praktisk användning av de framtagna kurvorna, sid. 30.

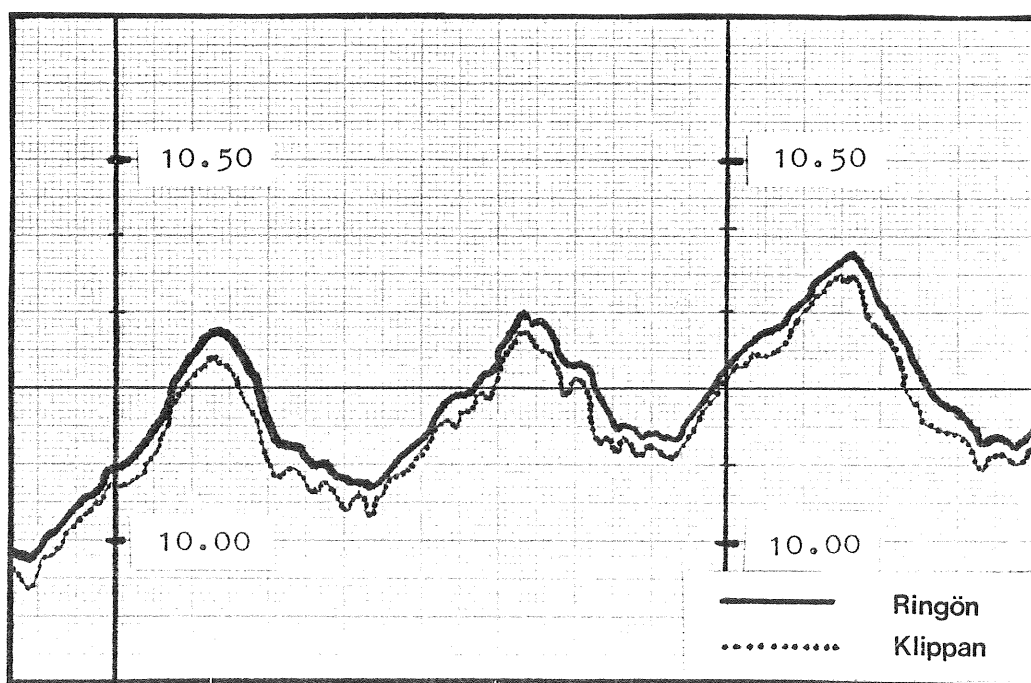


Fig. 3 Jämförelse mellan vid Ringön och Klippan registrerade pegelkurvor

Tabell 1 Vid Ringön uppmätta högsta resp. lägsta årliga vattenstånd perioden 1926 - 1953.

År	Högsta vst.		Lägsta vst.	
	mån	m	mån	m
<u>1926</u>	okt	11.31	feb	9.53
27	okt	11.31	nov	9.51
28	feb	11.36	mar	9.52
29	dec	11.47	jan	9.48
<u>1930</u>	okt	11.29	feb	9.61
31	dec	11.31	mar	9.36
32	okt	11.13	apr	9.58
33	feb	11.38	feb	9.45
34	feb	11.33	apr	3.42
35	feb	11.14	mar	9.55
36	okt	11.30	feb	9.57
37	sep	10.92	jan	9.33
38	jan	11.33	dec	9.44
39	nov	11.14	jan	9.39
<u>1940</u>	nov	11.18	jan	9.41
41	okt	10.98	nov	9.24
42	okt	11.22	jan	9.38
43	feb	11.19	jan	9.56
44	jan	11.26	nov	9.38
45	nov	11.09	feb	9.55
46	sep	10.92	dec	9.40
47	sep	10.91	feb	9.33
48	okt	11.31	jan	9.31
49	jan	11.32	mar	9.38
<u>1950</u>	sep	11.15	feb	9.47
51	dec	11.38	nov	9.54
52	jan	11.24	mar	9.45
53	feb	11.42	feb	9.42

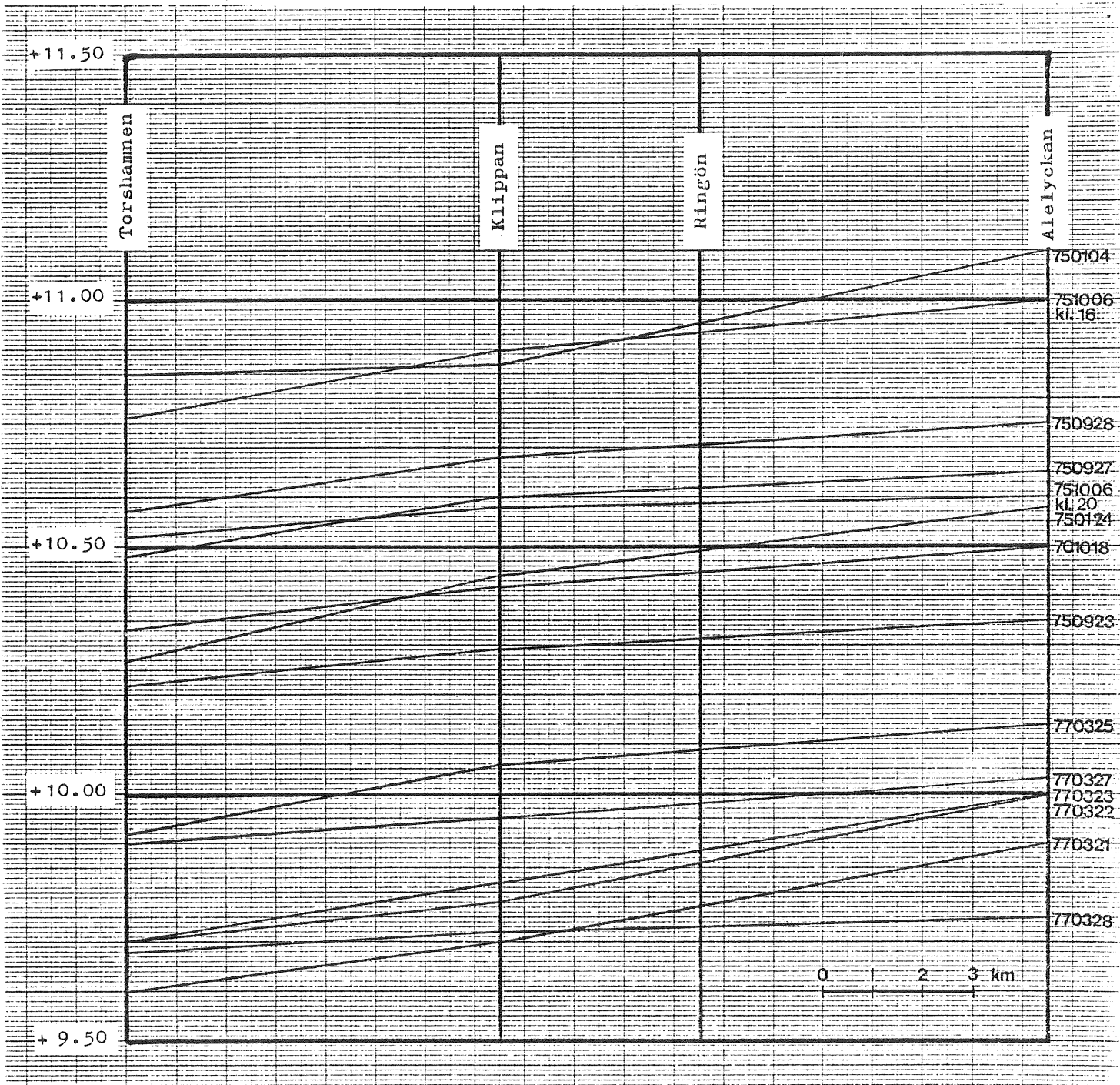


Fig. 4

Vattenytans lutning vid några olika vattenstånd
enl. L-G Hellgren, Stadsbyggnadskontoret, Gbg.

3. NEDERBÖRDSDATA

3.1 Nederbördsstationer

Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971 har presenterats av Arnell (1974). De framtagna kurvorna är baserade på nederbördsregistreringar från fem mätstationer: Masthugget, Lundby, Landala, Gullbergsvass och Barlastplatsen, se fig. 1.

Av de angivna stationerna har Lundby bedömts vara den för centrala Göteborg mest representativa. Stationen har visserligen endast varit i funktion perioden 1926-1955, men denna period täcker de utvalda vattenståndsregistreringarna 1926-1953 vid Ringön.

3.2 Principer för datorbearbetning

Bearbetningen av nederbördsvärdena från Lundby har skett enligt de principer som tidigare tillämpats av Arnell (1974). Ett regn definieras här som den nederbörd som faller mellan två tillfällen då intensiteten är lika med noll under minst en timma. Vidare förutsättes att varje regn är ett enskursregn med endast en intensitetstopp.

För varje regn och varje given varaktighet T har den maximala ackumulerade nederbördsmängden P bestämts ur den ackumulerade nederbördskurvan, fig. 5 och 6. Sökningen, som sker med en steglängd av 2 min, börjar med varaktigheten 70 min. När maximal nederbörd för denna period bestämts söks maximal nederbörd för varaktigheten 65 min inom det funna 70-min. intervallet osv. Resultatet från ett på detta sätt bearbetat regn redovisas i fig. 7.

För en diskussion av de fel, som bearbetningsprincipen och antagandet om enskursregn medför, hänvisas till Arnell (1974).

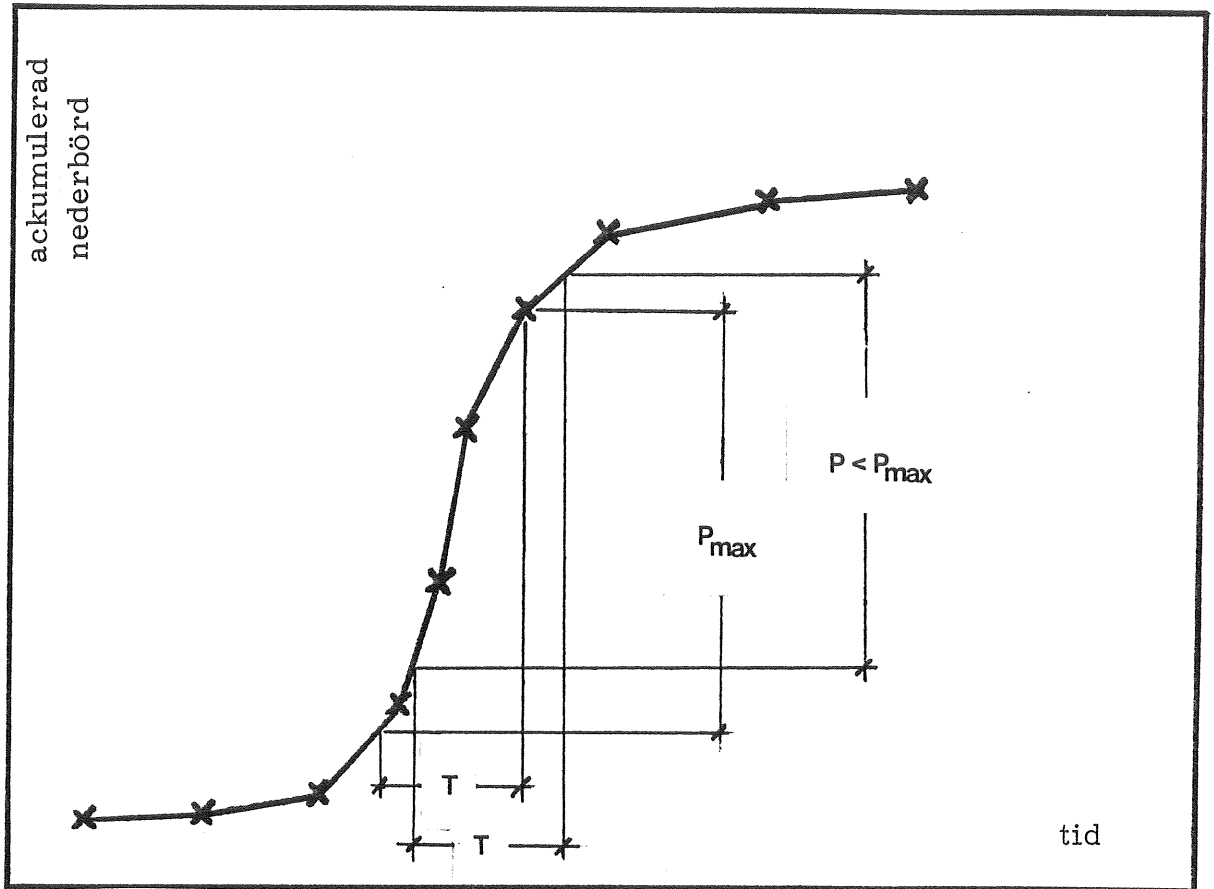


Fig. 5 Princip för beräkning av maximal medelintensitet P/T ur kurva över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden. P är ackumulerad nederbörd under varaktigheten T . Kurvans brytpunkter redovisas i fig. 6.

PLATS	DATUM	STARTTID	TYP	SKALFAKTORER					
				X	Y				
2	430612	22:00	2	0,09	78,30				
TRANSFORMATIONSPUNKTER									
022,00,00	0,000								
021,59,54	20,000								
027,00,00	0,007								
TID	MM	TID	MM	TID	MM	TID	MM	TID	MM
022,56,09	6,473	023,02,02	6,483	023,04,49	7,656	023,06,17	8,958	023,07,38	10,899
023,08,34	12,482	023,11,07	13,132	023,15,45	13,947	023,18,49	14,112	023,21,58	15,183
023,26,18	16,675	023,27,29	17,007	023,29,53	18,117	023,31,26	18,346	023,33,51	19,749
023,33,51	19,749	023,37,26	21,140	023,42,49	21,776	023,47,25	22,297	023,55,06	22,983
024,01,34	23,210	024,16,01	23,254						

Fig. 6 Datautskrift av brytpunkterna i kurvan över den ackumulerade nederbörden. Brytpunkterna har genom manuell bearbetning överförts till hållremsa för vidare bearbetning med dator och lagring på magnetband.

2 LUNDBY		260621	3,00
TOTAL NEDERBÖRD		15,53	MM
VARAKTIGHET		MAXIMAL NEDERBÖRD	
MIN	MM		
70	9,744		
65	9,602		
60	9,517		
55	9,359		
50	8,751		
45	8,352		
40	8,059		
35	7,465		
30	6,615		
25	5,608		
20	5,125		
15	3,710		
10	3,120		
5	1,935		

Fig. 7 Utvärderade varaktigheter - maximala nederbörder för ett regn 26.06.21 kl. 03.00.

För vidare behandling har endast beaktats regn med medelintensiteter större än eller lika med vad som i genomsnitt uppnås eller överskrids tre gånger varje år för de studerade varaktigheterna. De valda gränsvärdena framgår av tabell 2.

Tabell 2 Undre gränsvärde vid utsortering av häftiga regn för vidare bearbetning. Efter Arnell (1974).

Varaktighet min	Regnhöjd mm	Intensitet l/s ha
70	8,4	20
65	7,8	20
60	7,2	20
55	6,6	20
50	6,3	21
45	5,9	22
40	5,7	24
35	5,4	26
30	5,2	29
25	4,9	33
20	4,5	38
15	3,8	48
10	3,0	50
5	1,7	58

Tillgänglig datorbearbetning omfattar alla i tabell redovisade varaktigheter. För denna studie har dock enbart utnyttjats varaktigheterna 5, 10, 20, 40 och 70 min.

3.3 Statistisk bearbetning

De framtagna maximala nederbördsintensiteterna (maximal medelintensitet under tiden T), P/T, rankas i storleksordning för varje varaktighet, fig. 8. Det största värdet får nummer ett (rangen ett). Varje intensitets-

NR	DATUM	TID	TOTAL NEDER- BÖRD	NEDERBÖRD MM	NEDERBÖRD MM	INTENSITET L/S,HA
1	450707	15,00		39,81	12,616	420,53
2	360622	11,00		25,90	9,146	304,87
3	500723	17,00		28,58	7,826	260,87
4	550831	18,00		12,85	7,236	241,20
5	270715	14,00		22,18	7,025	234,17
6	400709	15,00		24,66	6,939	231,30
7	440802	14,00		20,76	6,912	230,40
8	530722	16,00		7,57	6,533	217,77
9	330712	3,00		22,43	6,441	214,70
10	470613	12,00		18,78	6,262	208,73
11	380812	14,00		11,62	6,134	204,47
12	410723	16,00		17,00	6,134	204,47
13	350721	13,00		19,13	5,970	199,00
14	500818	12,00		18,77	5,411	180,37
15	510802	3,00		8,63	5,361	178,70
16	440721	16,00		13,07	5,339	177,97
17	280911	11,00		16,26	5,310	177,00
18	380920	8,00		8,45	5,298	176,60
19	300716	14,00		16,64	5,286	176,20
20	430612	22,00		16,78	5,275	175,83
21	320713	17,00		14,62	5,238	174,60
22	350625	12,00		8,08	5,236	174,53
23	410725	12,00		10,72	5,235	174,50
24	390618	14,00		12,95	5,170	172,33
25	270812	18,00		8,11	4,885	162,83
26	261010	7,00		19,78	4,884	162,80
27	400722	17,00		10,33	4,817	160,57
28	330711	19,00		11,39	4,722	157,40
29	440909	15,00		5,66	4,698	156,60

Fig. 8 Datorutskrift av rangordnade maximalintensiteter för varaktigheten 5 minuter.

värde tilldelas därefter en återkomstperiod, T_R , enligt Weibulls formel:

$$T_R = \frac{N + 1}{m}$$

där

T_R = återkomstperiod i år

N = antalet bearbetade år

m = intensitetens rang (ordningsnummer)

Denna formel ger för 28-årsperioden 1926-1953 i tabell 3 redovisat samband mellan återkomstperiod och rang. Det intensitetsvärde (för viss given varaktighet), som har t. ex. rangen fem, kommer således att överskridas i medeltal en gång på 5,8 år.

Tabell 3 Regnets rang uttryckt i återkomstperiod för en
28-års period

Rang m	Återkomstperiod T (år)	Rang m	Återkomstperiod T (år)
1	29	16	1,81
2	14,5	17	1,71
3	9,7	18	1,61
4	7,3	19	1,53
5	5,8	20	1,45
6	4,8	21	1,38
7	4,1	22	1,32
8	3,6	23	1,26
9	3,2	24	1,21
10	2,9	25	1,16
11	2,6	26	1,12
12	2,4	27	1,07
13	2,23	28	1,04
14	2,07	29	1,00
15	1,93		

För Lundby på ovan angivet sätt framtagna intensitets-varaktighetskurvor redovisas i fig. 9. Intensiteten 125 l/s/ha med varaktigheten 20 min kommer således att överskridas i medeltal 1 gång per 5 år. Som framgår är överensstämmelsen god mellan Lundby-kurvorna och de kurvor som VAV P28 (1976) anger som representativa för Göteborg.

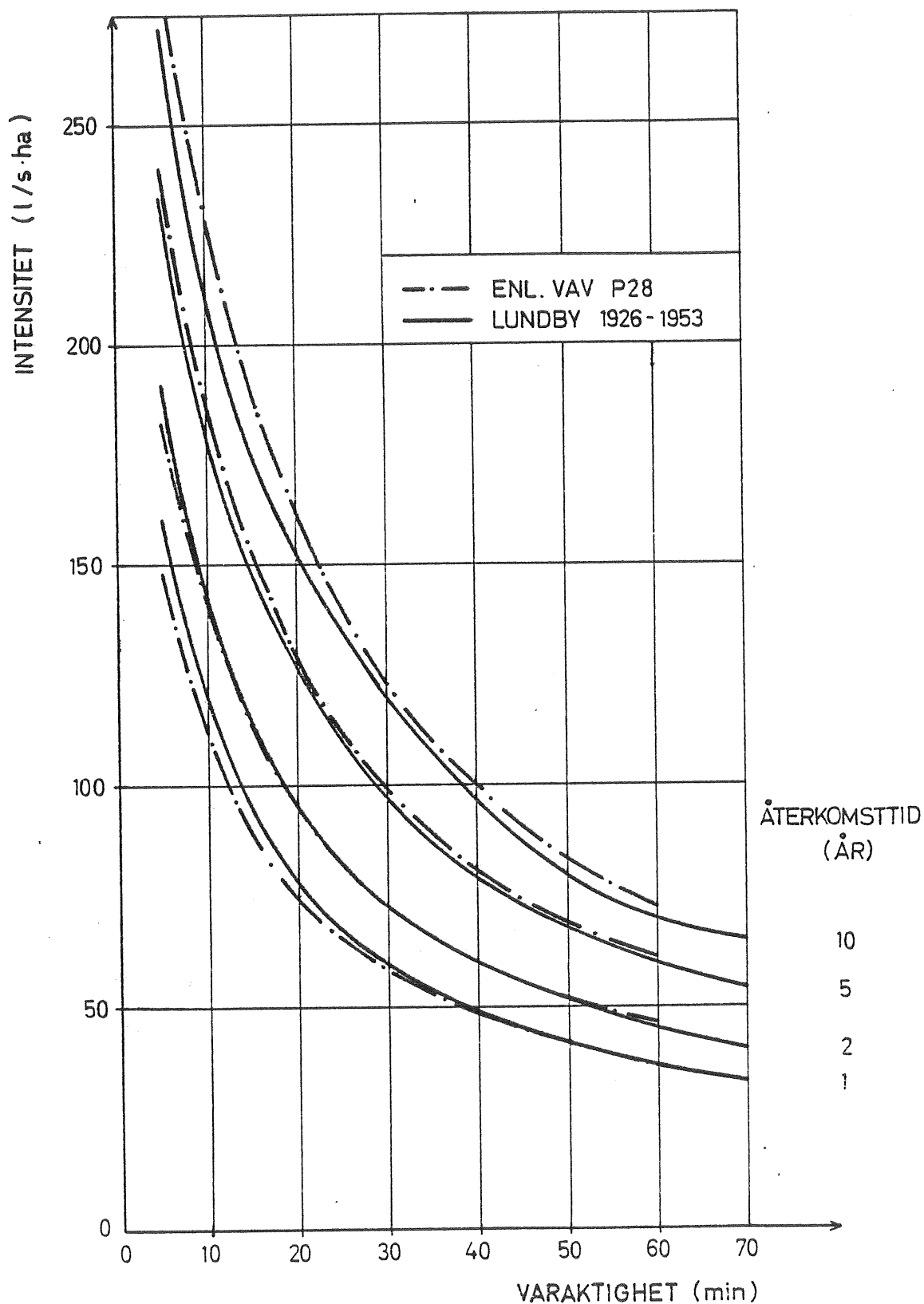


Fig. 9 Jämförelse mellan av VAV P28 (1976) för Göteborg föreslagna dimensionerande intensitets-varaktighetskurvor och motsvarande kurvor framtagna för Lundby genom bearbetning av tidsperioden 1926-1953.

4. KOPPLING AV NEDERBÖRDSINTENSITETER OCH VATTENSTÅND

4.1 Allmänt

Målsättningen med denna studie är att ta fram intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor, vilka för given återkomstperiod anger det intensitetsvärde (för given varaktighet) och det vattenståndsvärde som samtidigt kommer att överskridas i medeltal en gång under den givna återkomstperioden. Dessa kurvor kan baseras direkt på tillgängliga nederbördsbearbetningar och vattenståndsregistreringar utan kännedom om eventuellt beroende mellan nederbörd och vattenstånd. Det kan dock vara av allmänt intresse att något studera om ett beroende föreligger.

4.2 Bestämning av maximalt vattenstånd under ett nederbördstillfälle

Konstruktionen av intensitets-varaktighets-vattenståndskurvorna kräver bestämning av maximala vattenståndet under de tidigare framtagna maximala medelintensiteterna. Detta har skett på följande sätt:

- tidpunkten t_5 då maximala femminutersintensiteten inträffar bestämmas m h a den ackumulerade nederbördskurvan
- maximal vattennivå förutsättes inträffa under tidsintervallet $t_5 \pm$ aktuell varaktighet och avläses m h a i fig. 10 beskriven mall direkt från pegelregistreringen.

Genom att utnyttja dubbla varaktigheten som avläsningsintervall har viss hänsyn tagits till att varaktigheter större än 5 min ej nödvändigtvis är centrerade kring 5 min-intervallet. Vidare beaktas i någon mån tidsförskjutningen mellan nederbörd och avrinning. Ett exempel på resultatet från en bearbetad period redovisas i tabell 4.

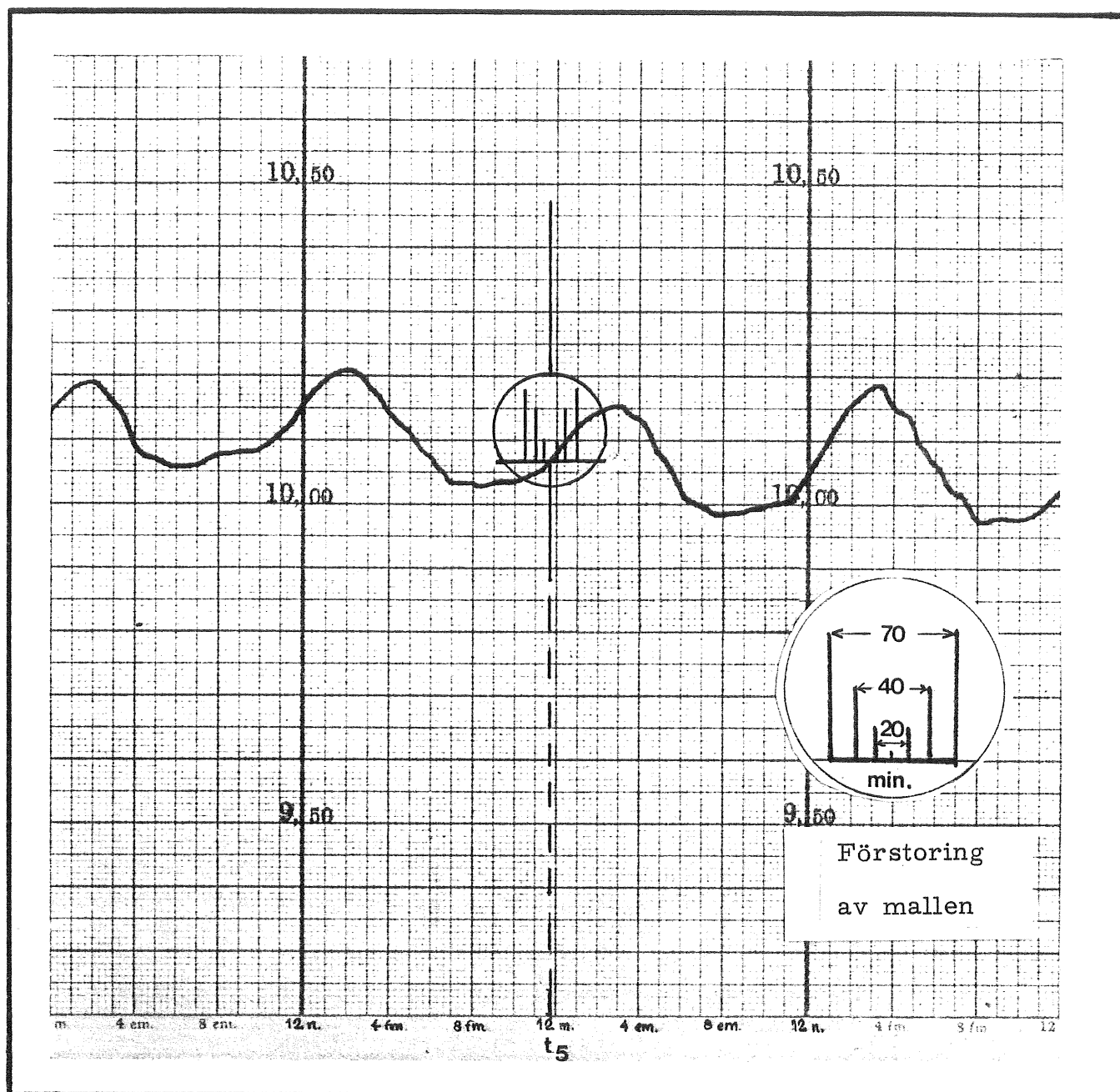


Fig. 10 Princip vid avläsning av vattenstånd med hjälp av transparent mall. För $t_5 = 11.40$ f.m.

har följande värden avlästs:

Varaktighet (min)	Vattennivå (m)
5	+ 10.07
10	+ 10.07
20	+ 10.08
40	+ 10.09
70	+ 10.11

Tabell 4 Vattenstånd under 1934 års häftiga regn. (Pegelregistreringarnas lilla skala gör det ej möjligt att avläsa vattenståndsvariationer mellan 5 och 10 minuters varaktighet).

Tidpunkt t_5 för max. 5 min. intensitet		Max. vattenstånd m för given varaktighet [min]				
		10	20	40	70	
1934-04-18	kl. 12.40	10.18	10.32	10.32	10.32	
	06-06	23.38	9.95	9.95	9.97	10.02
	08-11	08.12	10.44	10.47	10.49	10.49
	08-29	20.44	10.12	10.13	10.14	10.15
	08-31	22.05	10.26	10.32	10.34	10.34
	09-05	25.36	10.09	10.10	10.11	10.12
	09-19	02.53	10.38	10.38	10.42	10.43
	09-20	17.01	10.25	10.27	10.31	10.32
	09-20	28.35	10.46	10.55	10.65	10.65
	09-23	19.59	10.45	10.50	10.55	10.64
	10-24	28.13	10.37	10.40	10.41	10.45
	10-27	17.15	10.68	10.72	10.72	10.72

Tabell 5 Utsortering av data vid viss vattennivå (≥ 10.30)

Tidpunkt t_5 för max. 5-min. intensitet						
		10	20	40	70	
1934-04-18	kl. 12.40	10.18	10.32	10.32	10.32	
	06-06	23.38	9.95	9.95	9.97	10.02
	08-11	08.12	10.44	10.47	10.49	10.49
	08-29	20.44	10.12	10.13	10.14	10.15
	08-31	22.05	10.26	10.32	10.34	10.34
	09-05	25.36	10.09	10.10	10.11	10.12
	09-19	02.53	10.38	10.38	10.42	10.43
	09-20	17.01	10.25	10.27	10.31	10.32
	09-20	28.35	10.46	10.55	10.65	10.65
	09-23	19.59	10.45	10.50	10.55	10.64
	10-24	28.13	10.37	10.40	10.41	10.45
	10-27	17.15	10.68	10.72	10.72	10.72

4.3 Plottning av nederbördsintensiteter-vattenstånd

Maximala nederbördsintensiteter och samtida vattenstånd har för varaktigheterna 5, 20, 40 och 70 minuter plottats i fig. 11. Av dessa plottningar framgår att häftiga regn uppträder varken vid extremt höga eller låga vattenstånd. För vattenstånd i intervallet 10.00 - 11.00 m växer maximalintensiteterna markant med avtagande vattenstånd. Sambandet är tydligast för de korta varaktigheterna. Detta hänger samman med att de häftiga regnen är av typ åskregn, vilka oftast är kortvariga och uppträder vid högtryckssituationer.

De totalt 286 plottade regnen ligger till grund för den i fig. 11 markerade gränsytan. Alla under 28 års-perioden 1926-1953 inträffade regn faller härunder. Undantaget är regnet 1945-07-07 som har en intensitet klart överstigande de övriga. Fenomenet kan ej förklaras som mätfel eller bearbetningsfel. De vid de övriga mätstationerna vid samma tillfälle uppmätta nederbördsintensiteterna är dock avsevärt lägre.

4.4 Konstruktion av intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor

För varje varaktighet har utsorterats och listats de nederbördstillfällena då vattenståndet överskrider eller är lika med +10.10, +10.20, +10.30, +10.40, +10.50 respektive +10.60 m, se tabell 5. Därefter rangordnades för varje varaktighet och vattenstånd de mot de noterade nederbördstillfällena svarande maximala intensiteterna. Detta har skett på samma sätt som angivits i kap. 3.2 och 3.3. Värdeparen (intensitet, återkomstperiod) har sedan plottats på ett log-log papper, fig. 12, varefter en rät linje för varje varaktighet okulärt anpassats till de erhållna punkterna. Denna räta linje har i den fortsatta bearbetningen antagits representera sambandet intensitet - återkomstperiod. (Fördelningskurvan). För övriga utvalda vattennivåer redovisas fördelningskurvan i Bilaga 1 - 6. Det bör noteras att för vattenstånd högre än eller lika med +10.40 m så räcker antalet listade regn ej till för att nå intensiteter med återkomstperioden ett år. Detta beror på det undre gränsvärdet vid utsorteringen av häftiga regn, tabell 2.

För varje aktuell återkomstperiod (1, 2, 5 och 10 år) erhålles slutligen ur fig. 12 och motsvarande bilagor fem intensitetsvärden per vattenstånd

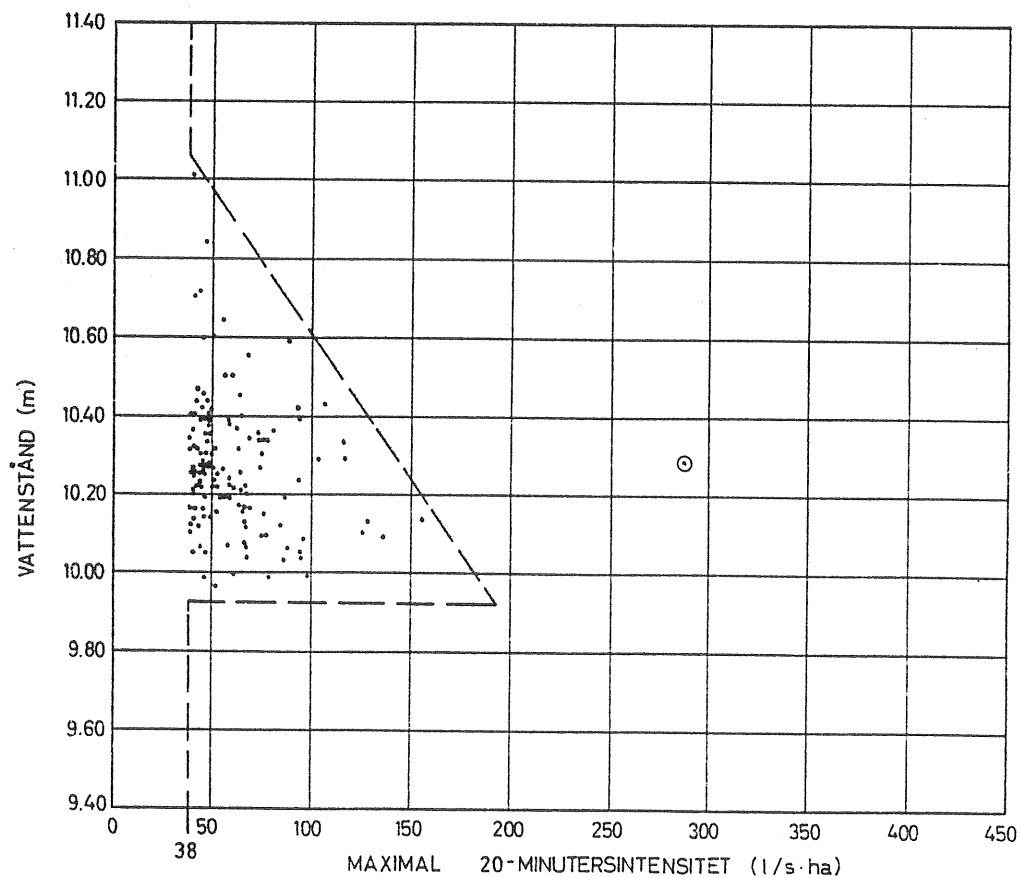
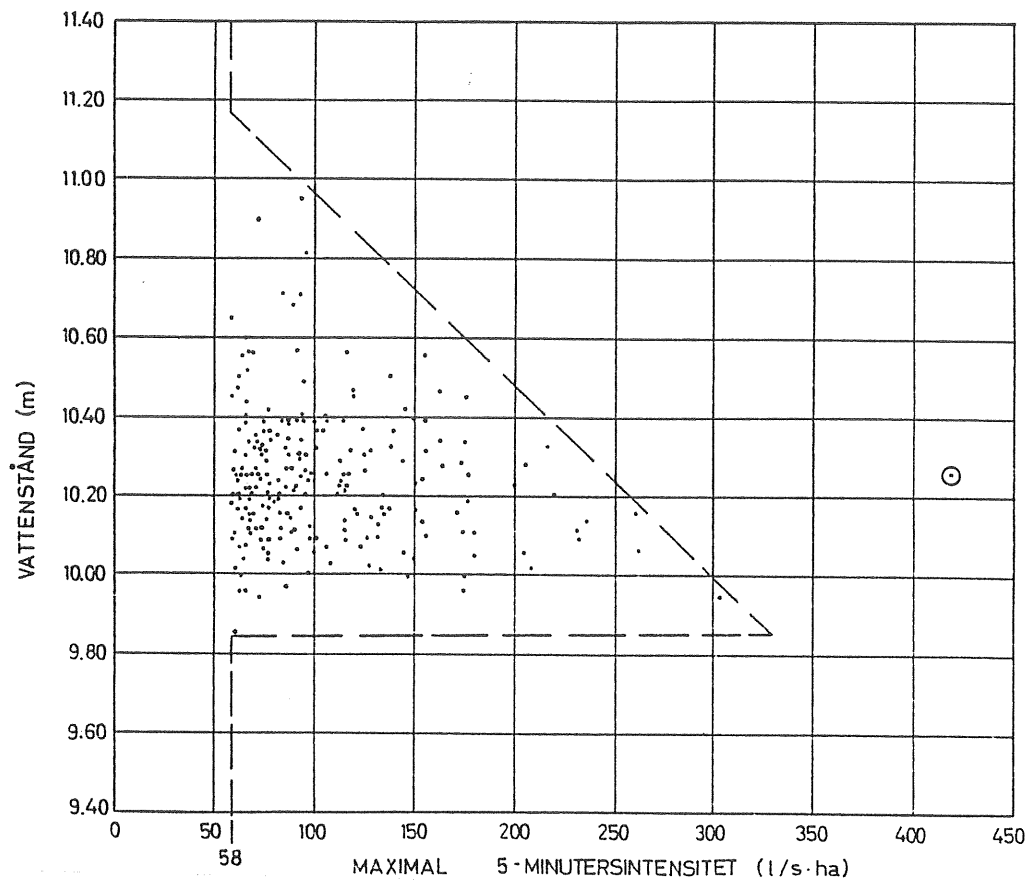


Fig. 11a Gränsyta för vattennivån som funktion av max-intensitet för varaktigheterna 5 och 20 minuter.

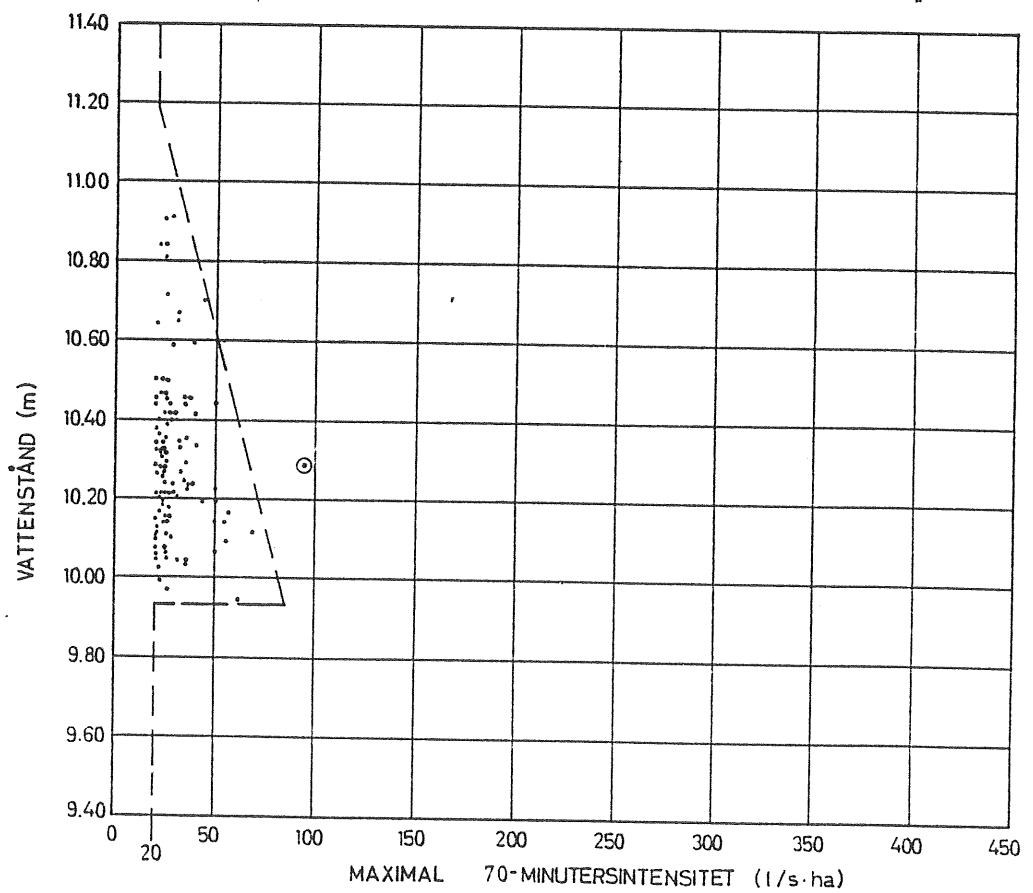
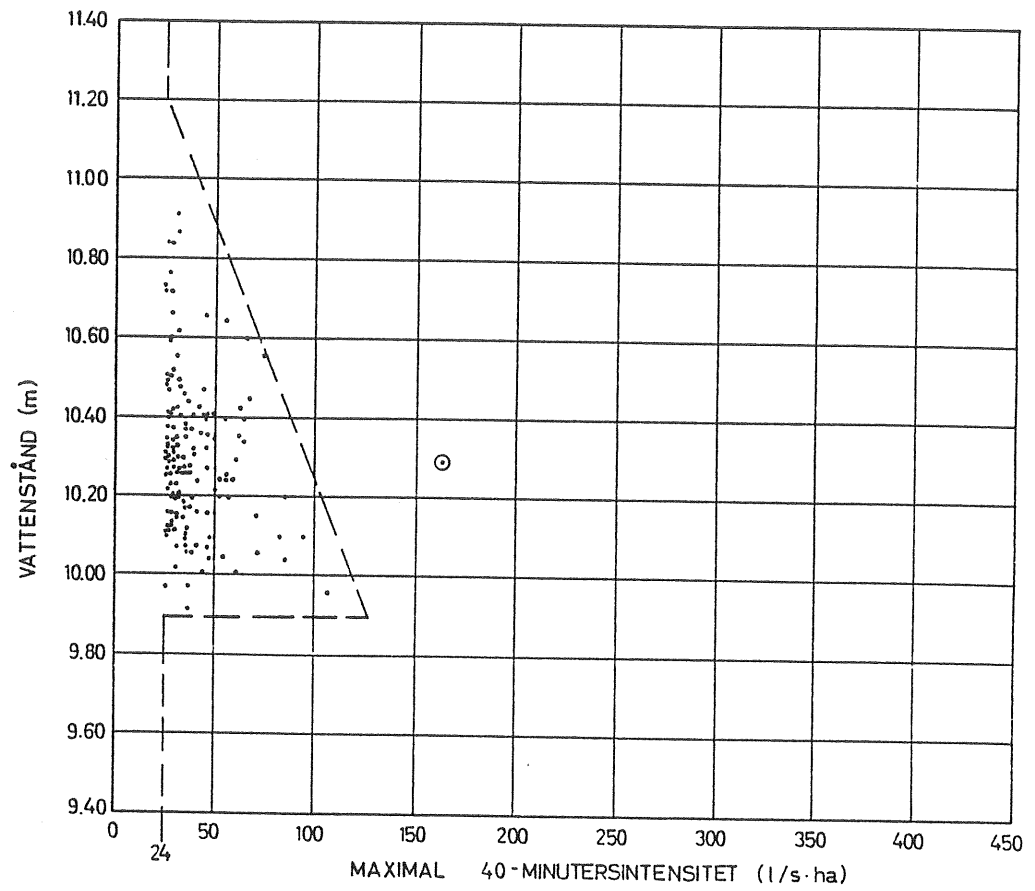


Fig. 11b Gränsyta för vattennivån som funktion av max-intensitet för varaktigheterna 40 och 70 minuter.

INTENSITET
(l/s/ha)

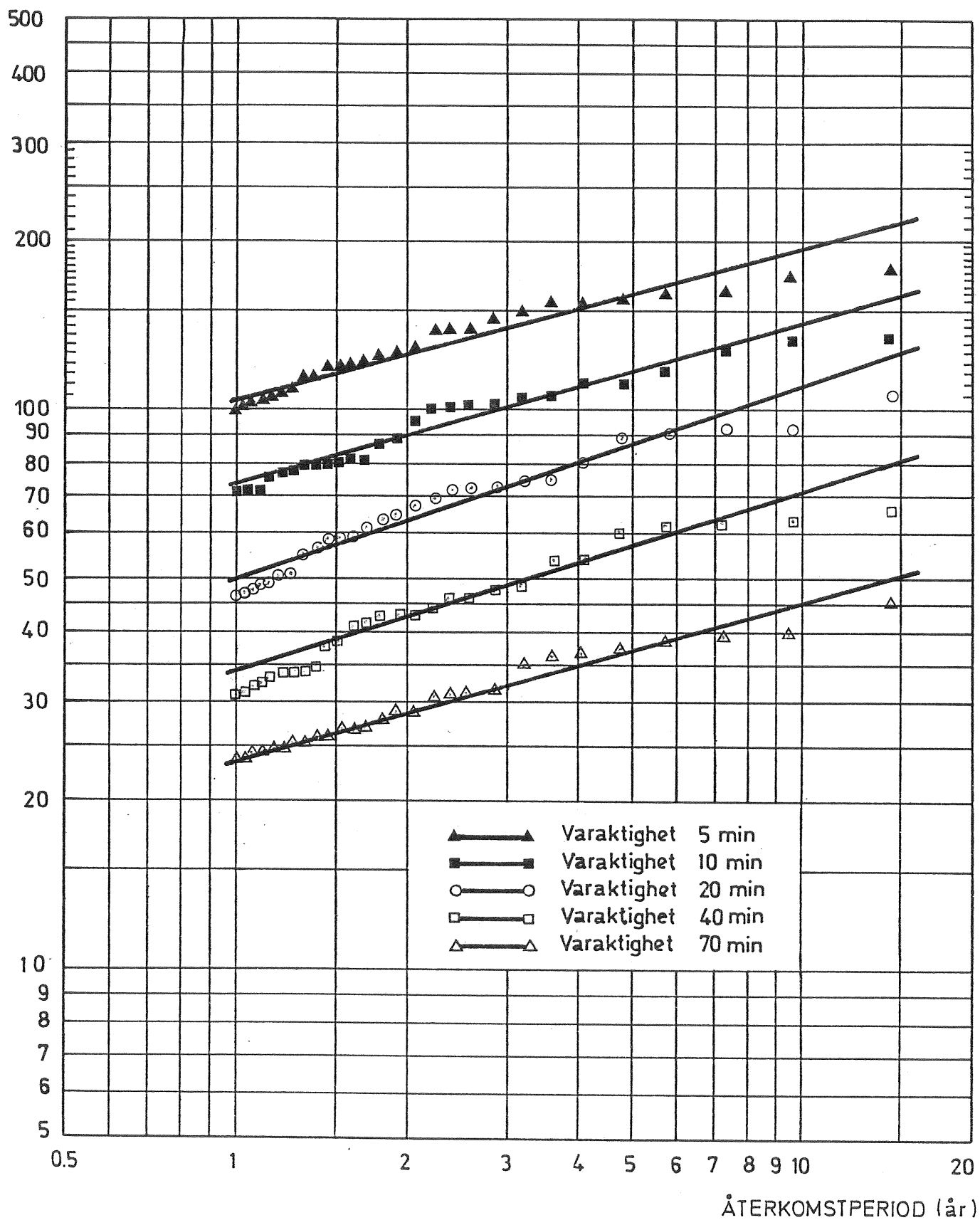


Fig. 12 Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod) för nederbördstillfällena då vattenståndet $\geq +10.30$ m.
Mätperiod: 1926 - 1953

vilka definierar de sökta intensitets-varaktighets-vattenståndskurvorna, fig. 13.

Några fördelningskurvor (intensitet-återkomstperiod) för vattenstånd $\geq +10.70$ m har ej kunnat uppritas då antalet listade regn är helt otillräckligt. Erforderligt underlag har i stället erhållits genom extrapolering enligt fig. 14 (se även bilaga 7-10) av intensitets-vattenståndsvärdena i fig. 13 och motsvarande bilagor. Intensitetsvärdena har därvid plottats i logskala medan vattenståndsvärdena h skalats enligt formeln $x = \text{coeff. } e^h$. Härigenom har sambandet intensitet-vattenstånd kunnat åskådliggöras med en rät linje. Med hjälp av de genom extrapolationen erhållna värdena har sedan de streckade kurvorna i fig. 13 konstruerats.

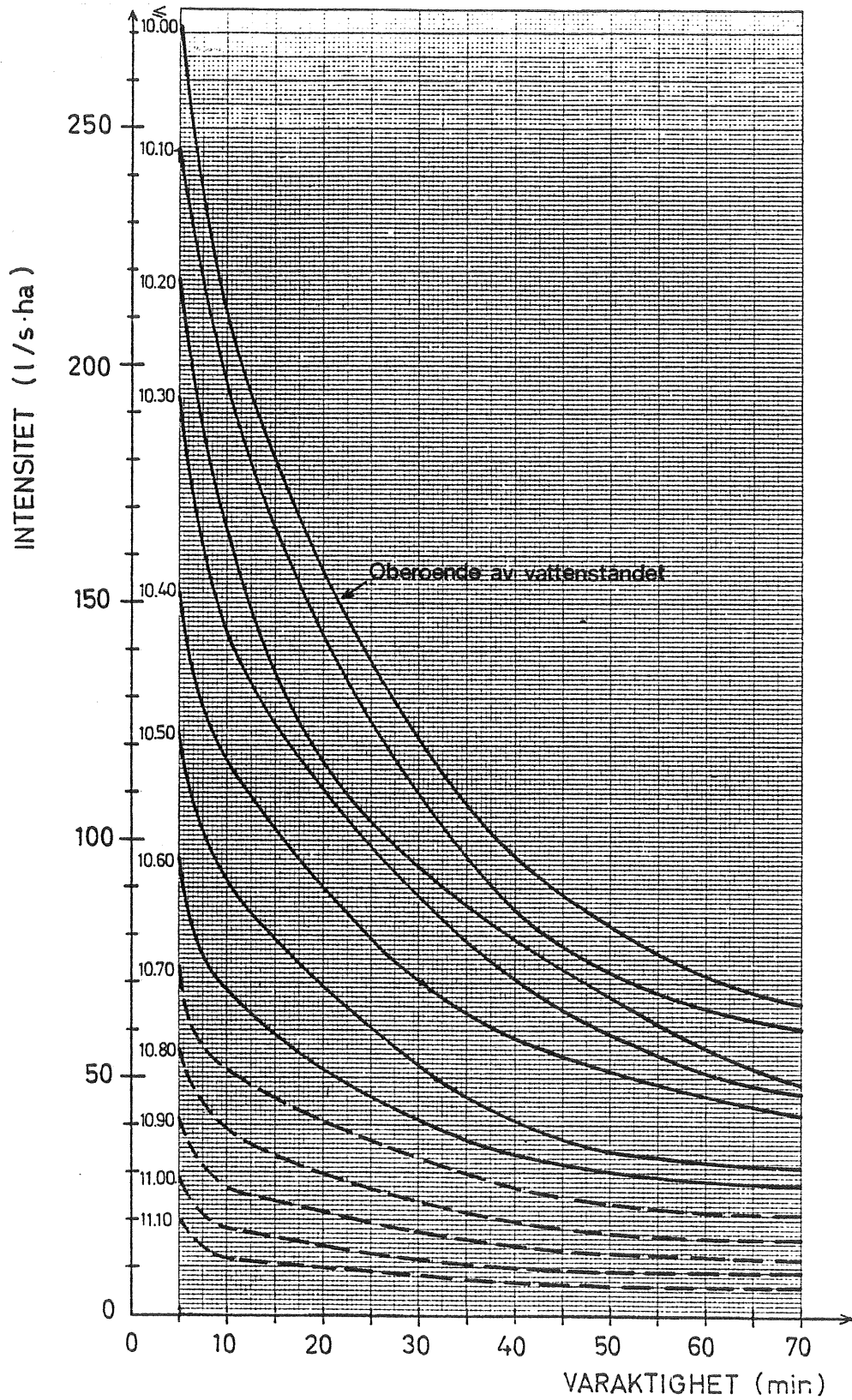


Fig. 13 Intensitets - varaktighets - vattenståndskurvor för återkomsttiden 10 år.

INTENSITET
(l/s/ha)

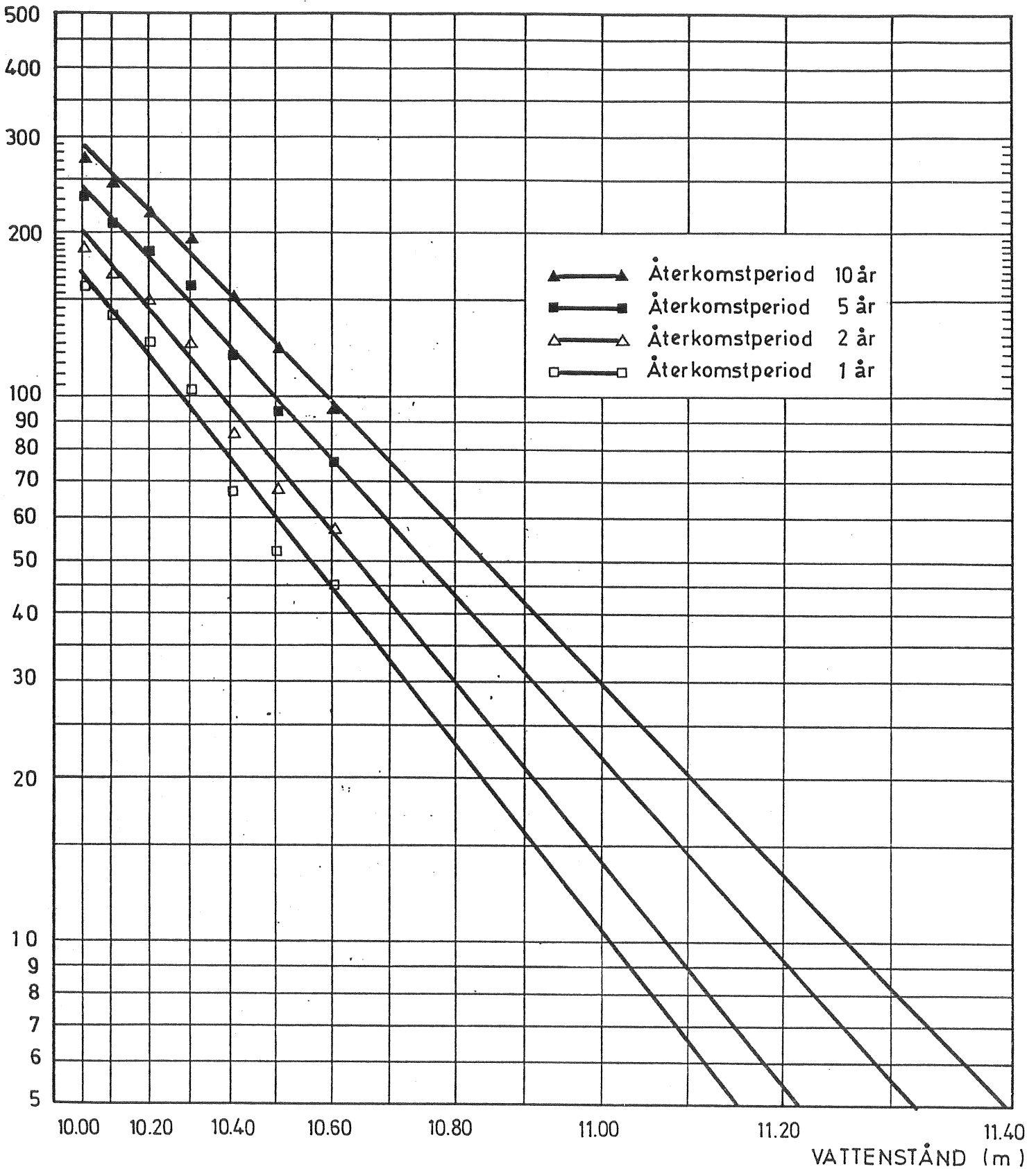


Fig. 14 Extrapolering av intensitets-vattenståndsvärden för varaktigheten 5 minuter. Mätperiod: 1926 - 1953

5. INTENSITETS-VARAKTIGHETS-VATTENSTÅNDSKURVOR FÖR GÖTEBORG

Med hjälp av de fördelningskurvor som presenterats i kap. 4 och i bilagorna har intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor konstruerats för återkomstperioderna 1, 2, 5 och 10 år. Kurvorna redovisas i fig. 15-18.

Den begränsade bearbetningsperioden medför att kurvorna i vissa fall blir något ojämna. Dessa ojämnheter har emellertid jämnats ut "på fri hand" med utgångspunkt från kurvornas allmänna utseende.

För vattenstånd lägre än eller lika med +10.00 m har inga separata kurvor uppritats, då dessa avviker mycket ringa från de intensitets-varaktighetskurvor som erhålles utan hänsyn till vattenståndet.

Osäkerheten i de framtagna kurvorna växer med återkomstperioden och vattenståndet, vilket sammanhänger med att antalet regn blir allt mindre. Kurvor erhållna genom extrapolation har streckats.

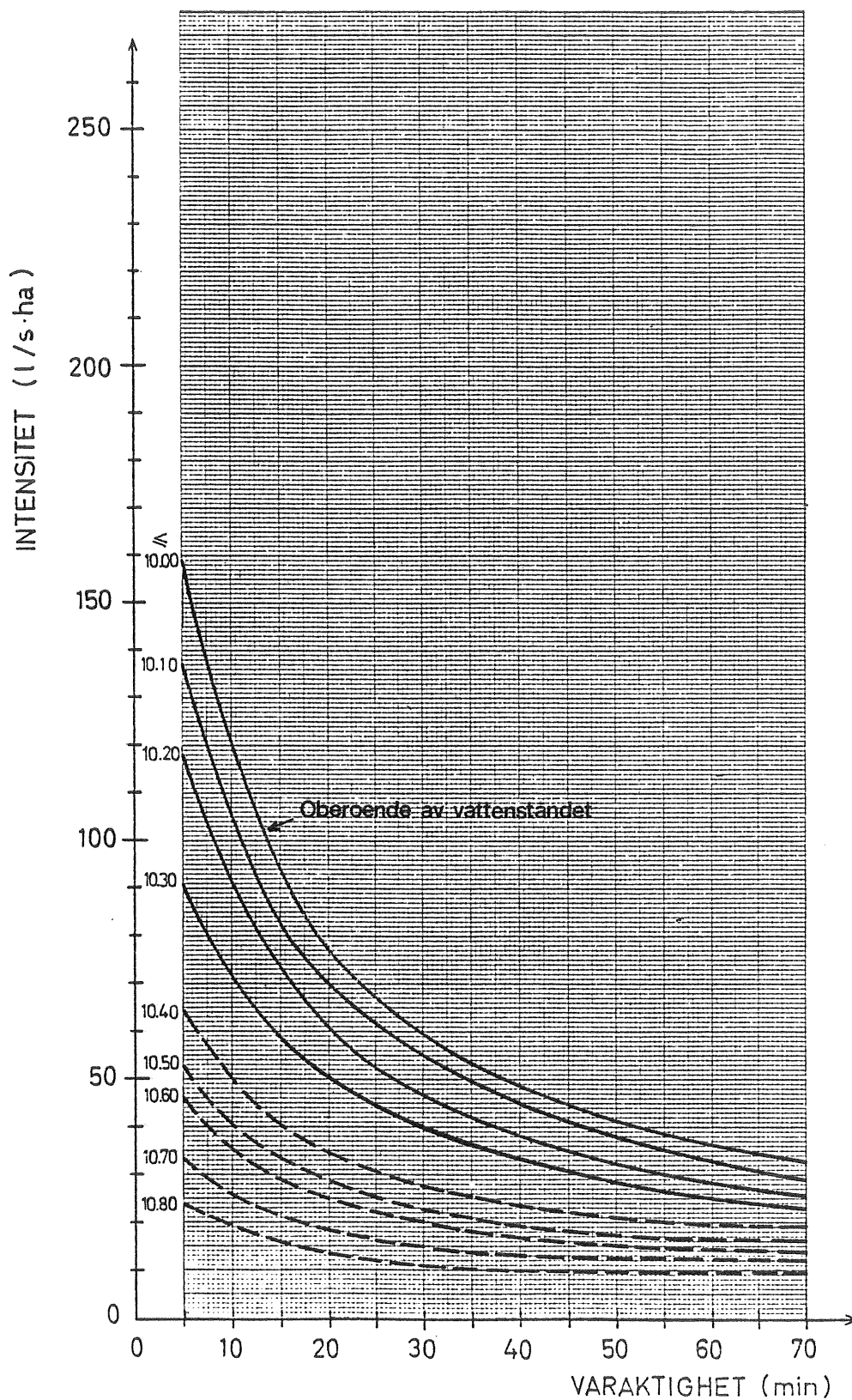


Fig. 15 Ett-årsregn.
 Intensitets-varaktighets-vattenståndskurvor
 för återkomsttiden ett år.
 Mätstation nederbörd: Lundby
 - " - vattenstånd: Ringön
 Mätperiod 1926-1953

Kurvorna är representativa för förhållandena år 1940 och kan korrigeras för landhöjningen 2 mm/år från år 1940 till aktuell tidpunkt, se kap. 6.

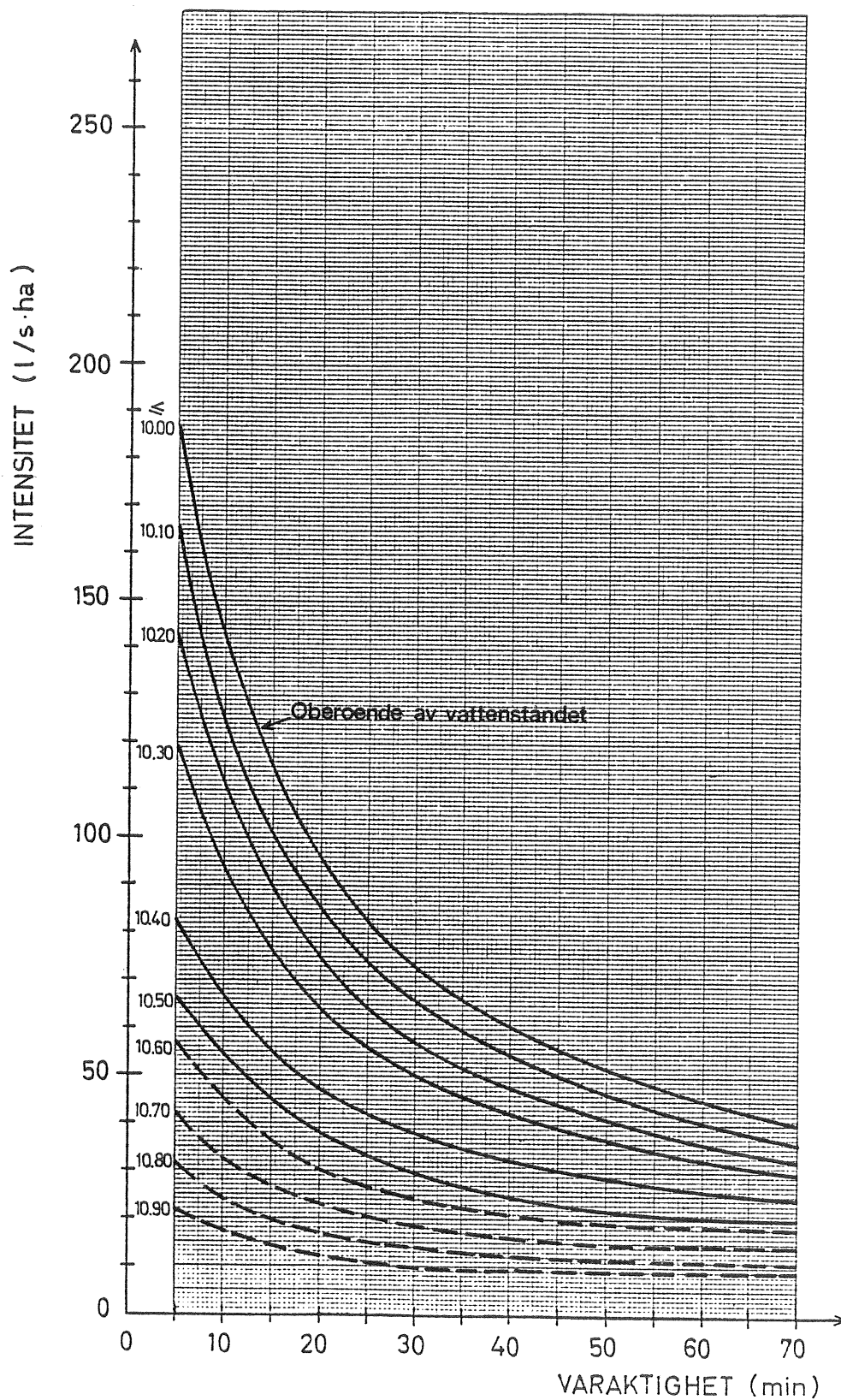


Fig. 16 Två-årsregn.
 Intensitets-varaktighetskurvor för
 återkomsttiden 2 år.
 Mätstation nederbörd: Lundby
 - " - vattenstånd: Ringön
 Mätperiod 1926-1953

Kurvorna är representativa för förhållandena år 1940 och kan korrigeras för landhöjningen 2 mm/år från år 1940 till aktuell tidpunkt, se kap. 6.

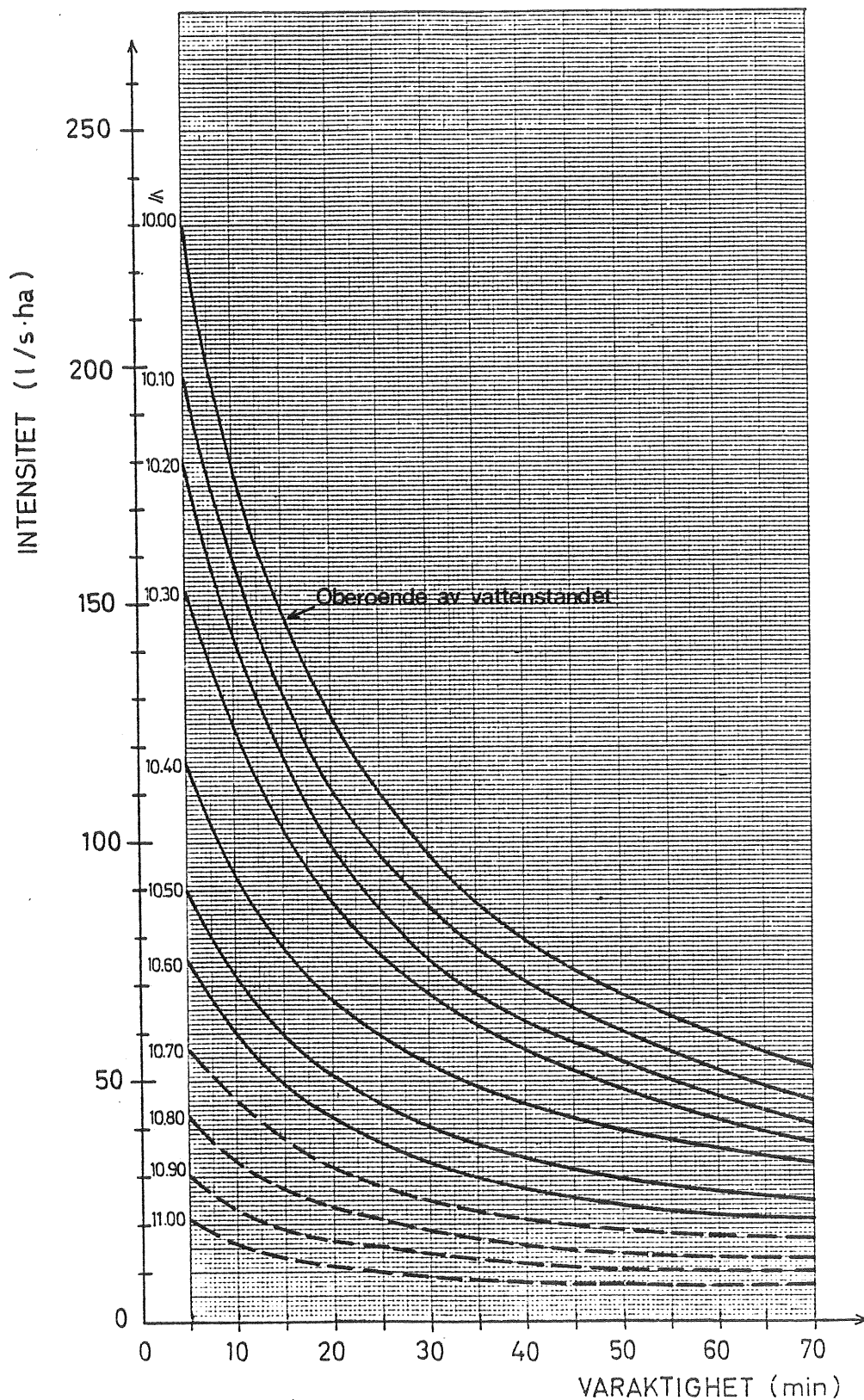


Fig. 17 Fem-årsregn.
 Intensitets-varaktighetskurvor för
 återkomsttiden 5 år.
 Mätstation nederbörd: Lundby
 - " - vattenstånd: Ringön
 Mätperiod 1926-1953

Kurvorna är representativa för förhållandena år 1940 och kan korrigeras för landhöjningen 2 mm/år från år 1940 till aktuell tidpunkt, se kap. 6.

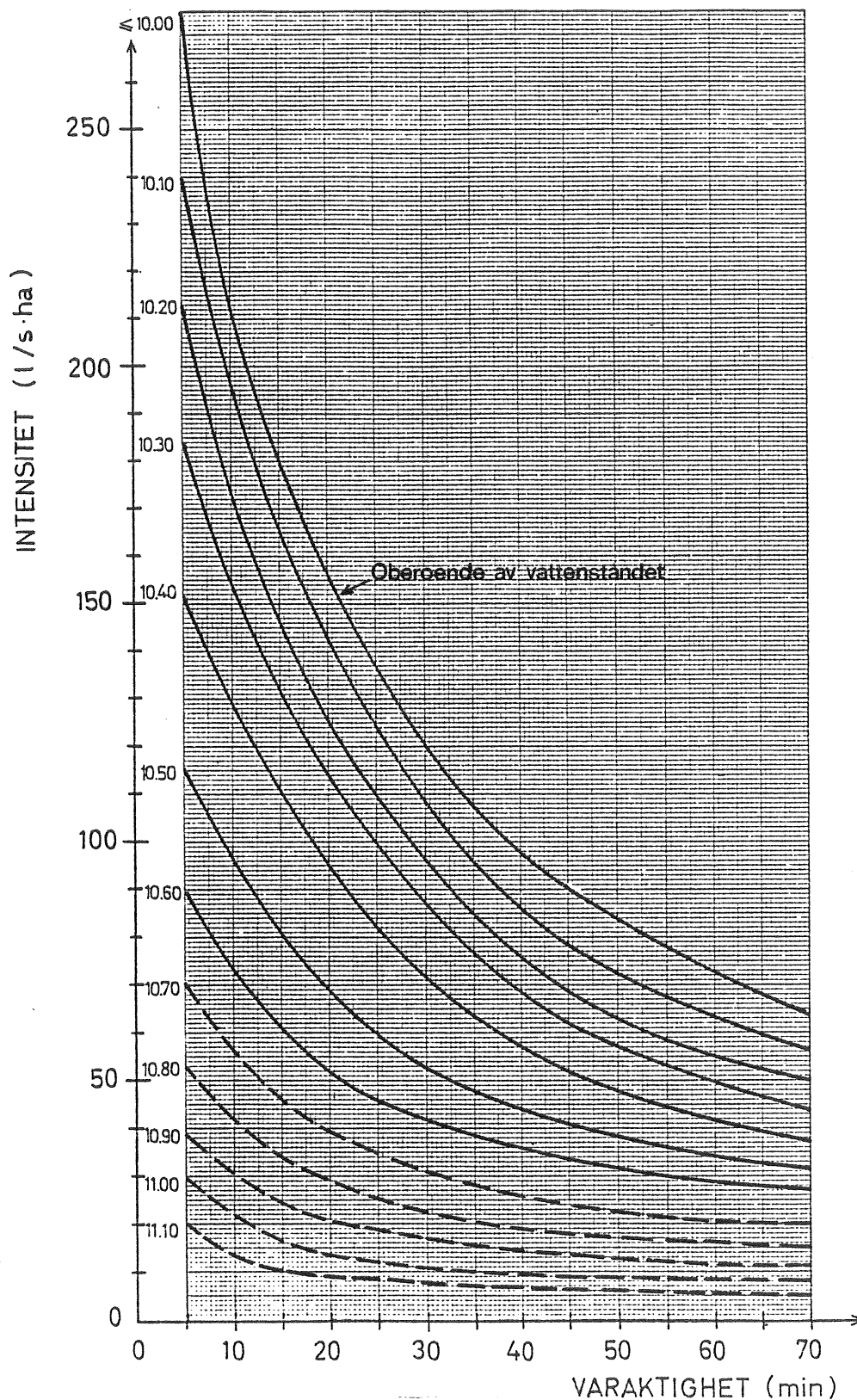


Fig. 18 Tio-årsregn
 Intensitets-varaktighetskurvor som
 överskrids med återkomsttiden 10 år.
 Framtagna för 28 årsperioden 1926-1953.
 Mätstation nederbörd: Lundby
 - " - vattenstånd: Ringön

Kurvorna är representativa för förhållandena år 1940 och kan korrigeras för landhöjningen 2 mm/år från år 1940 till aktuell tidpunkt, se kap. 6.

6. PRAKTISK ANVÄNDNING AV DE FRAMTAGNA KURVORNA

I inledningen påpekades att det inte är självklart vilken kombination vattenstånd-intensitet som skall utnyttjas vid dimensioneringen av ett ledningssystem. Beräkningar måste således genomföras för olika kombinationer. Dimensionerande kombination blir den som ger störst ledningsdimensioner.

Låt oss anta att vi skall dimensionera en utloppsledning som mynnar i älven på nivån +9.80 m (överkant ledning) och som år 1990 skall ha kapacitet att klara ett två-årsregn (återkomsttid två år). Ledningens längd är 200 m och den lägges i lutningen 6 ‰. Ledningens ekvivalenta sandrårhet sättes till $k = 1,0$ mm.

Vi förutsätter att den dimensionerande regnvaraktigheten är 20 minuter och att ledningsflödet är proportionellt mot nederbördsintensiteten. Ur fig. 16, sid. 27, erhålles då i tabell 6 angivna samhörande vattennivå - intensitets-(flödes-)värden. Korrigering för landhöjningen under perioden 1940-1990 har gjorts genom att varje till intensitets-varaktighetskurvan anknuten vattennivå minskats med 10 cm.


Tabell 6 Dimensionering av utloppsledning med hänsyn till vattenståndet i Göta älv.

Nederbördsintensitet enl. fig. 16 Var. = 20 min. ($1/s \cdot ha$)	Ledn. - flöde ($1/s$)	Vattennivå enl. fig. 16 (m)	Till år 1990 korri-gerad vattennivå (m)	Trycklinjens teoretiska lutning (‰)	Erforderlig ledningsdimension (mm)
96	960	10.00	9.90	5.5	800
85	850	10.10	10.00	5	800
75	750	10.20	10.10	4.5	800
64	640	10.30	10.20	4	800
47	470	10.40	10.30	3.5	700
38	380	10.50	10.40	3	700
30	300	10.60	10.50	2.5	600
23	230	10.70	10.60	2	600
17	170	10.80	10.70	1.5	600
12	120	10.90	10.80	1	500



(Om utloppspunkten ligger i närheten av Ringön behöver någon korrigerings för vattenytans lutning (ca 0.01 m/km) ej göras).

Vid dimensionering av utloppsledningen har enligt praxis trycklinjen beräkningsmässigt förutsatts utgå från aktuell vattennivå.

Som framgår av tabell 6 avtar den dimensionerande regnintensiteten snabbt med ökande vattenstånd, vilket i det här aktuella fallet leder till att ledningen skall dimensioneras för det värde på nederbördsintensiteten, som erhålles utan hänsyn till vattennivån i älven. 

7. REFERENSER

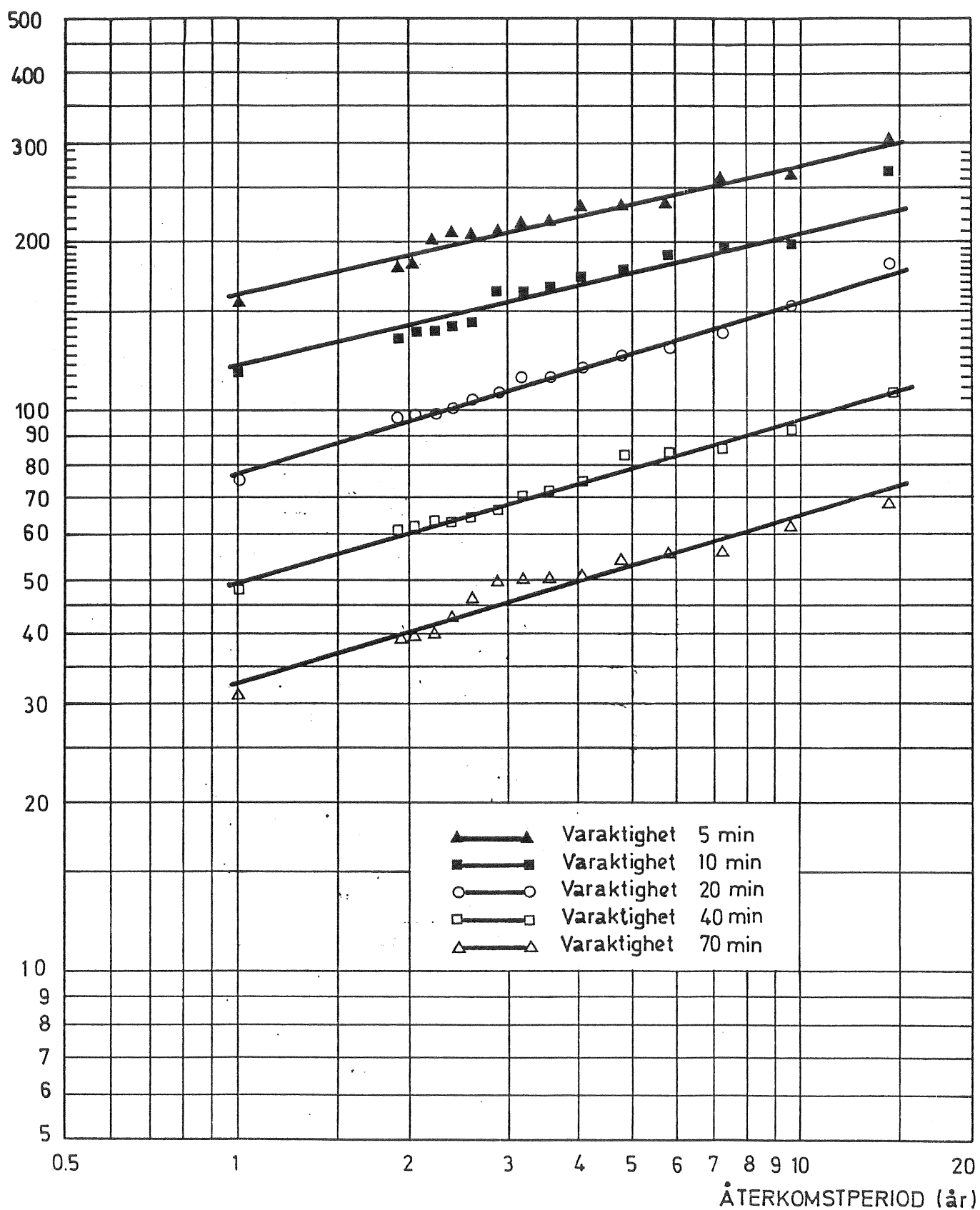
Arnell, V., 1974:

Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. Medd.nr. 5 från Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Göteborg.

VAV P28, 1976:

Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, Stockholm.

INTENSITET
(l/s/ha)

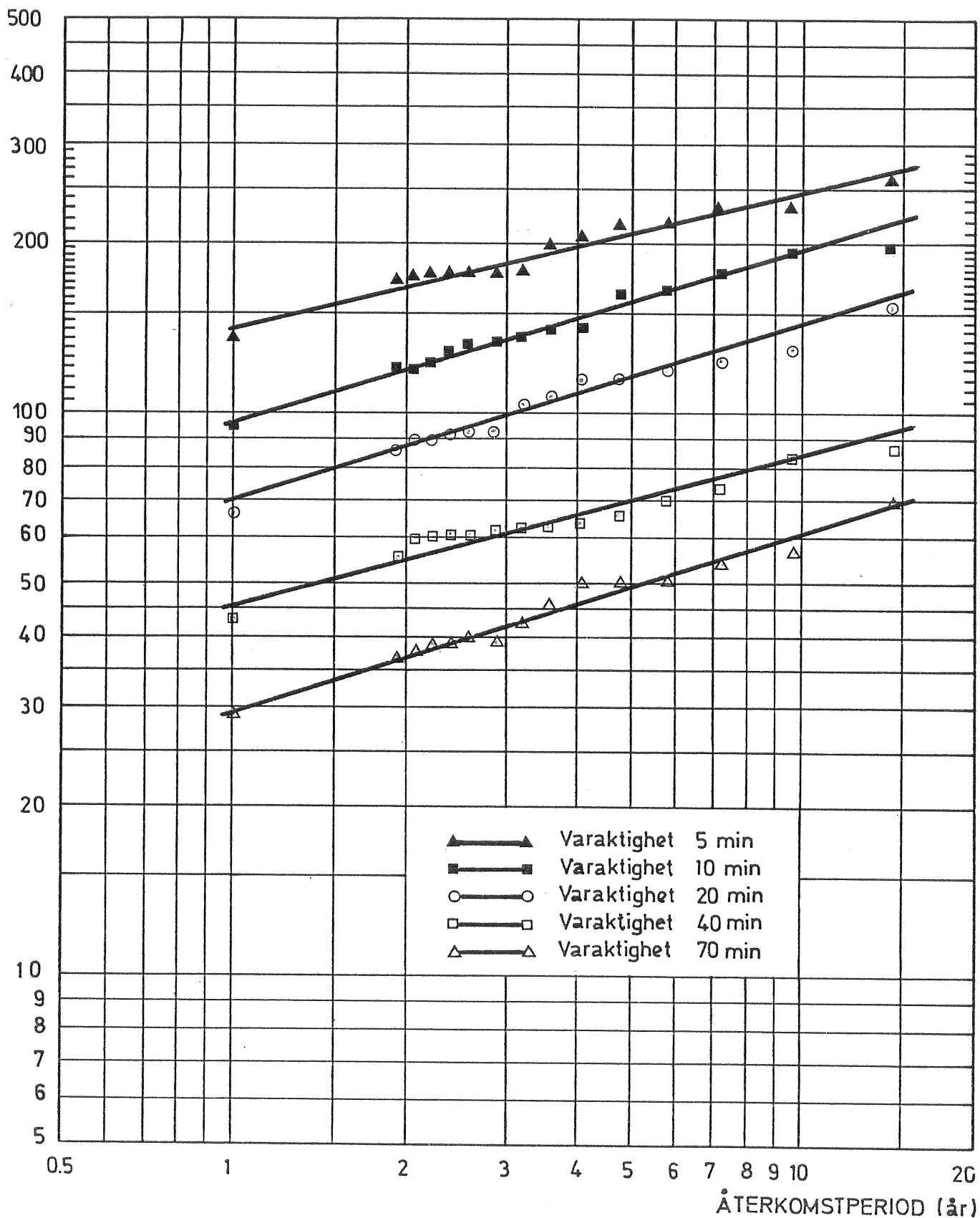


Bilaga 1

Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod)
utan hänsyn till vattenstånd.

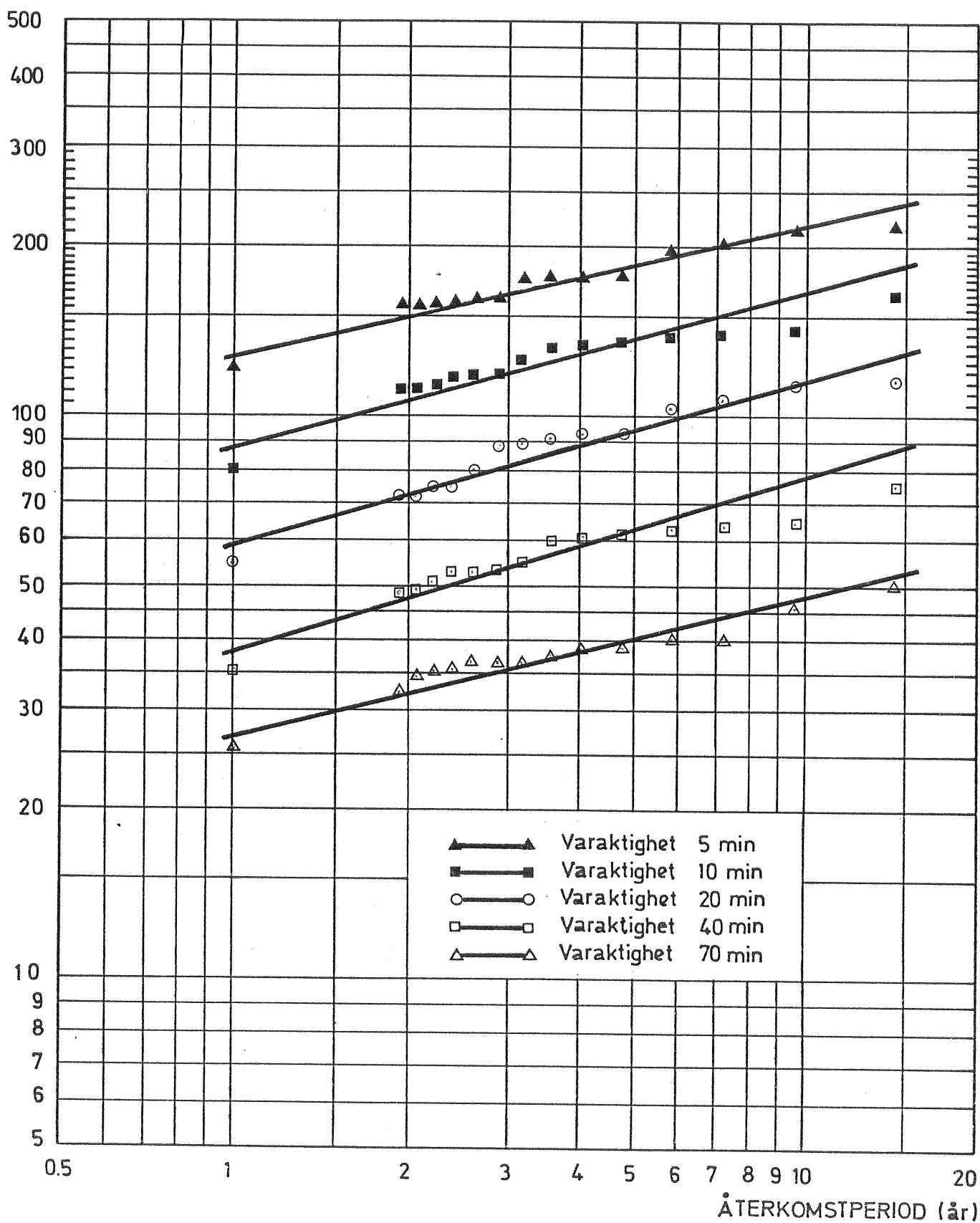
Mätperiod: 1926 - 1953

INTENSITET
(l/s/ha)



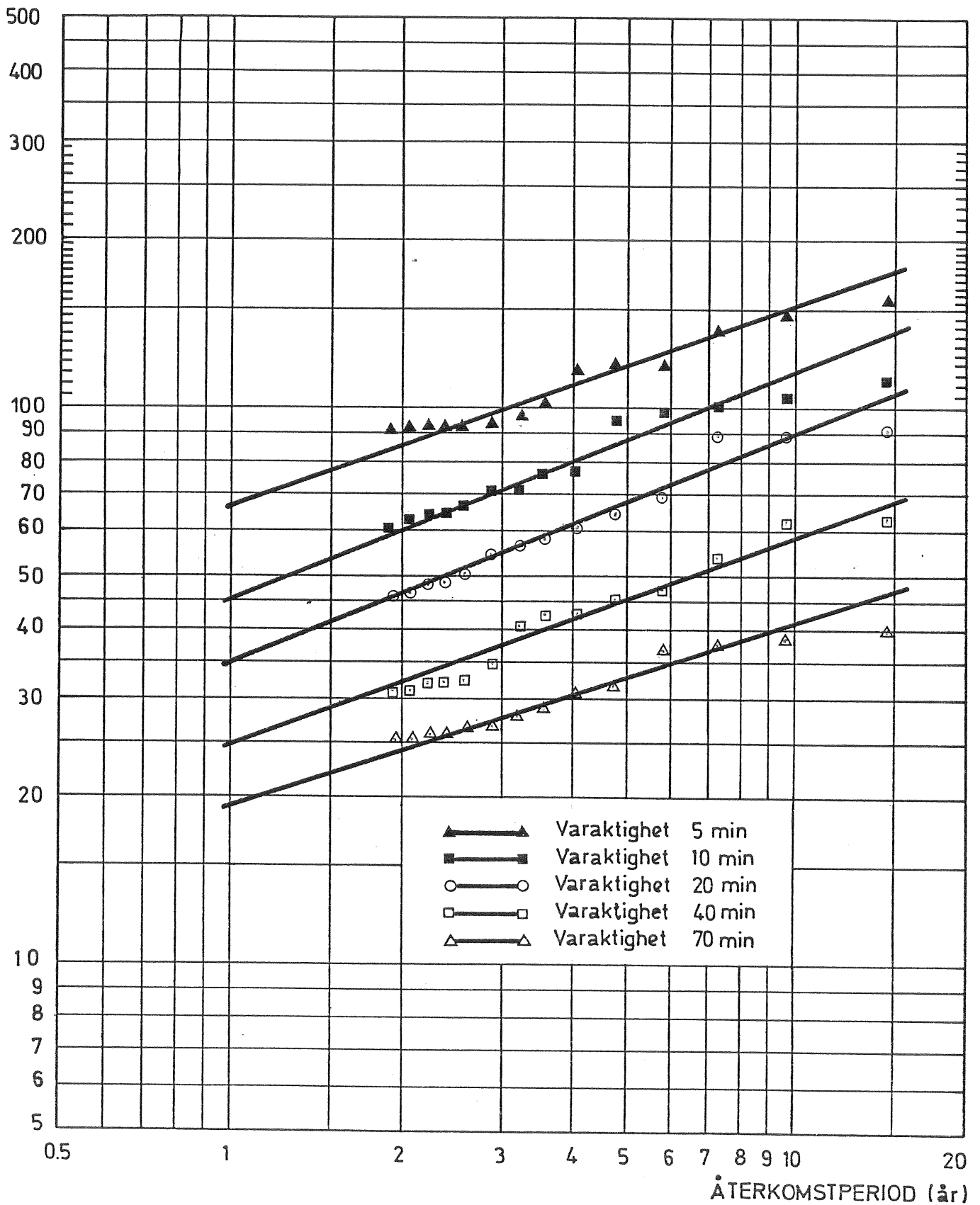
Bilaga 2 Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod) för nederbördstillfållen då vattenståndet $\geq +10.10$ m.
Mätperiod: 1926 - 1953

INTENSITET
(l/s/ha)



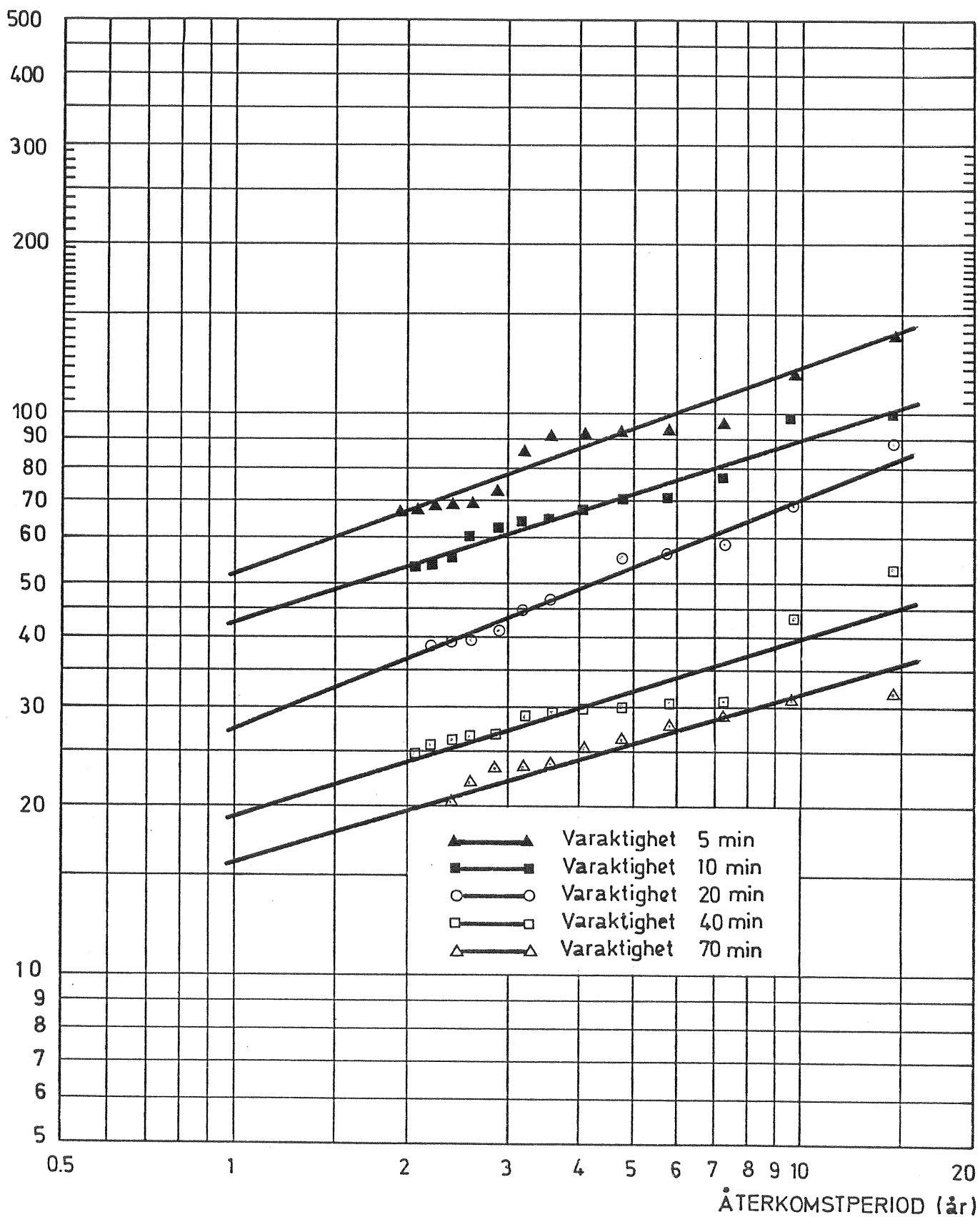
Bilaga 3 Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod) för nederbördstillfällena då vattenståndet $\geq +10.20$ m.
Mätperiod: 1926 - 1953

INTENSITET
(l/s/ha)



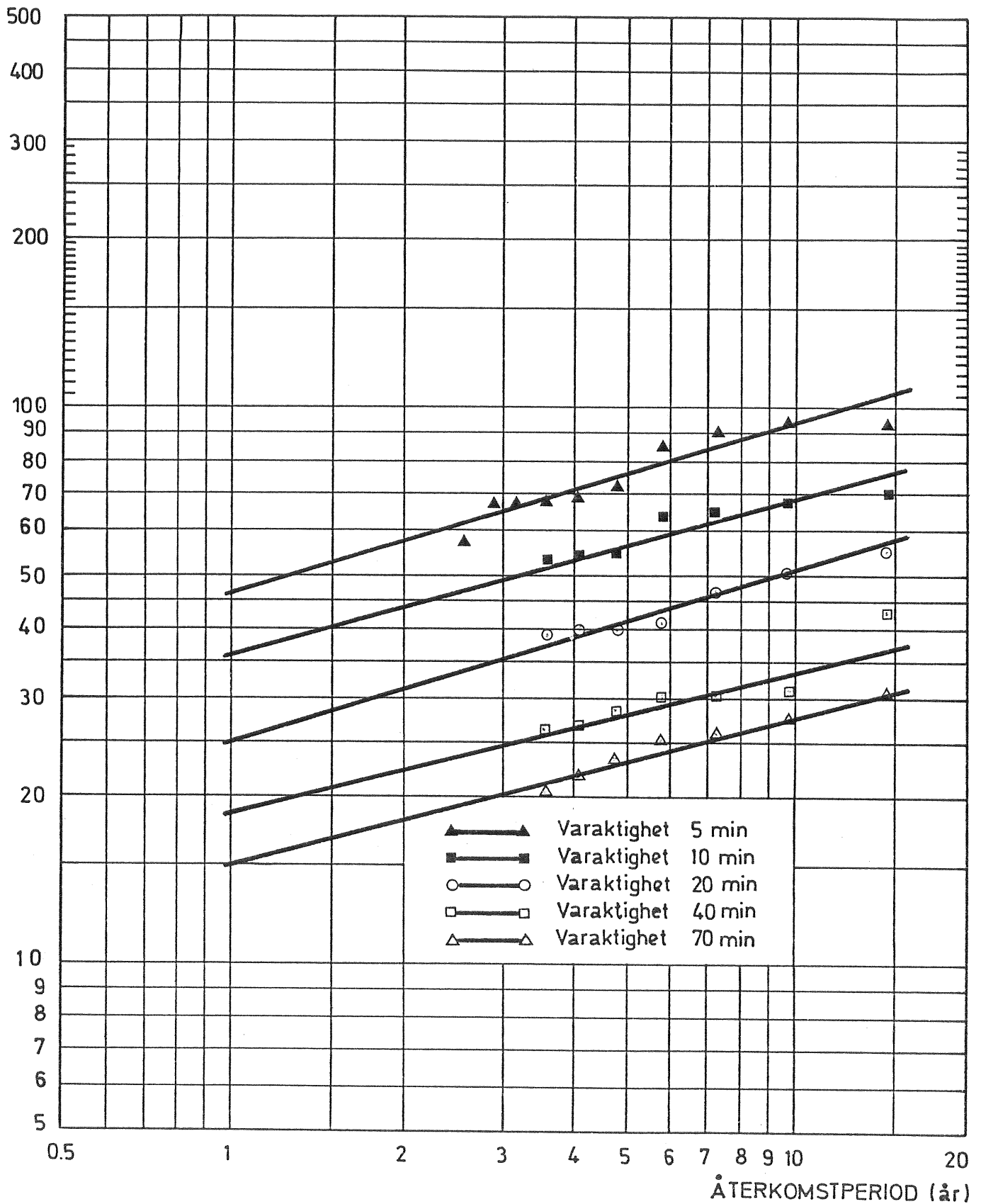
Bilaga 4 Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod) för nederbördstillfällen då vattenståndet $\geq +10.40$ m.
Mätperiod: 1926 - 1953

INTENSITET
(l/s/ha)



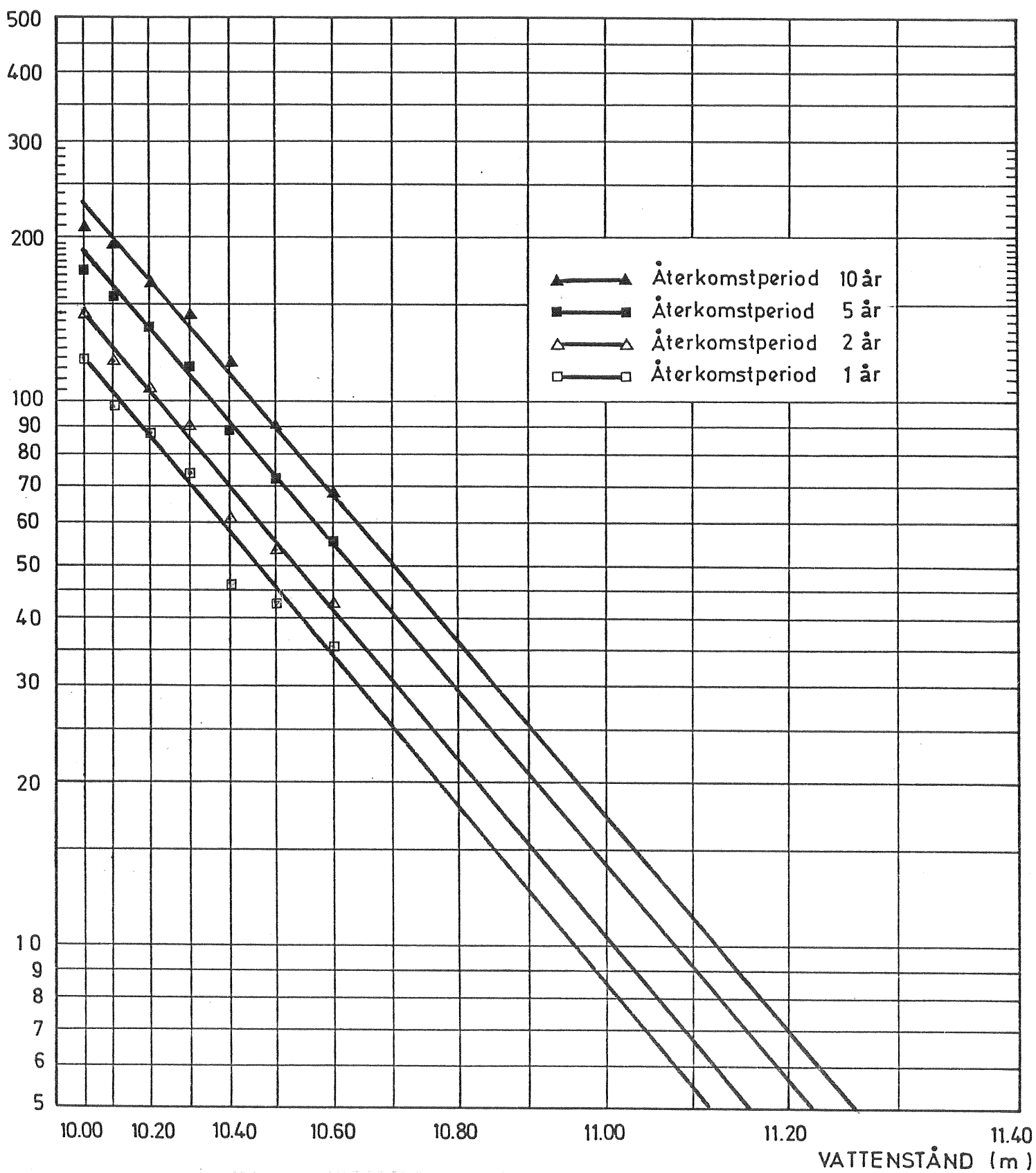
Bilaga 5 Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod)
för nederbördstillfällen då vattenståndet $\geq +10.50$ m.
Mätperiod: 1926 - 1953

INTENSITET
(l/s/ha)



Bilaga 6 Fördelningskurvor (intensitet - återkomstperiod) för nederbördstillfällen då vattenståndet $\geq +10.60$ m.
Mätperiod: 1926 - 1953

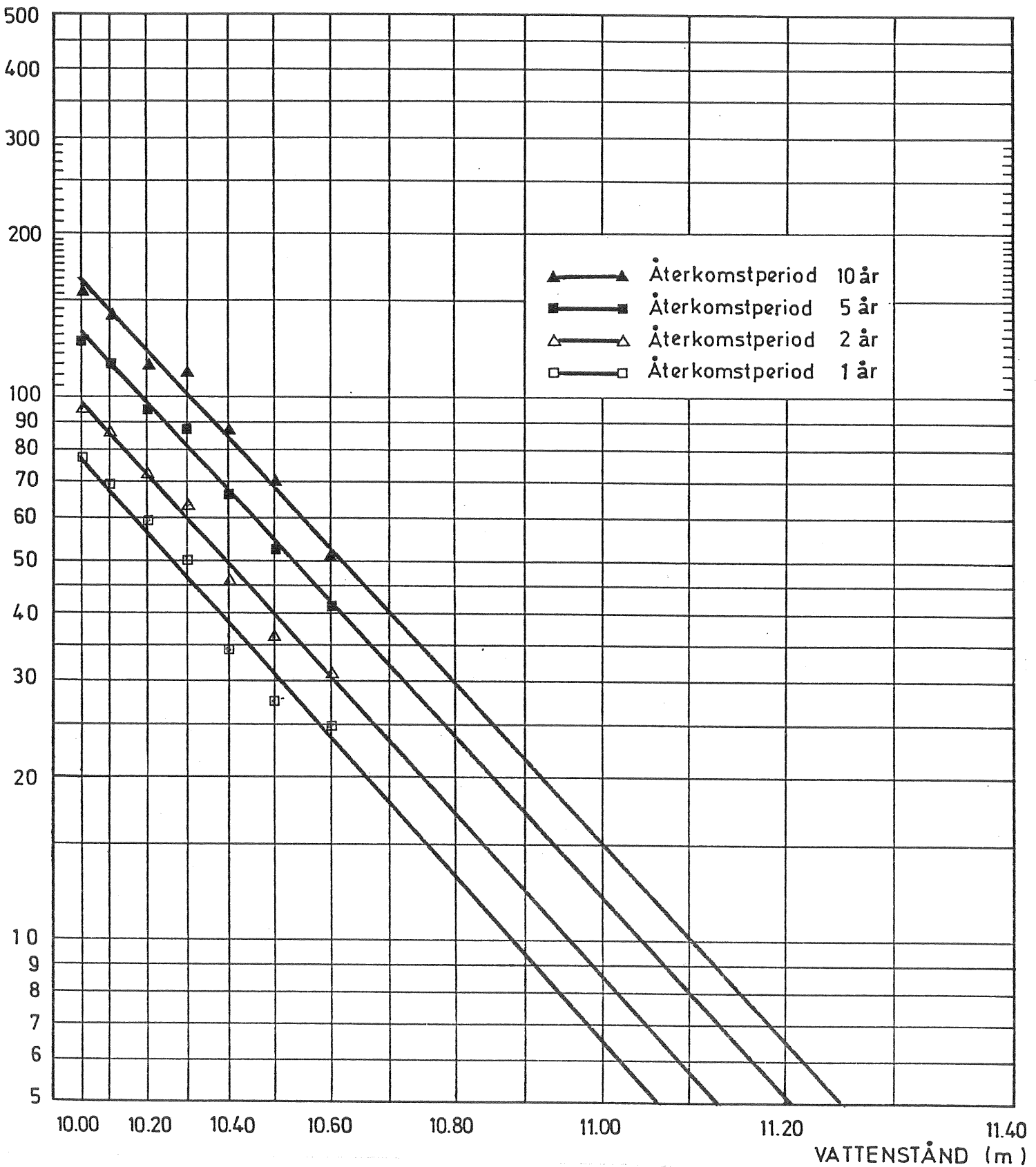
INTENSITET
(l/s/ha)



Bilaga 7

Extrapolering av intensitets-vattenståndsvärden för
varaktigheten 10 minuter. Mätperiod: 1926 - 1953

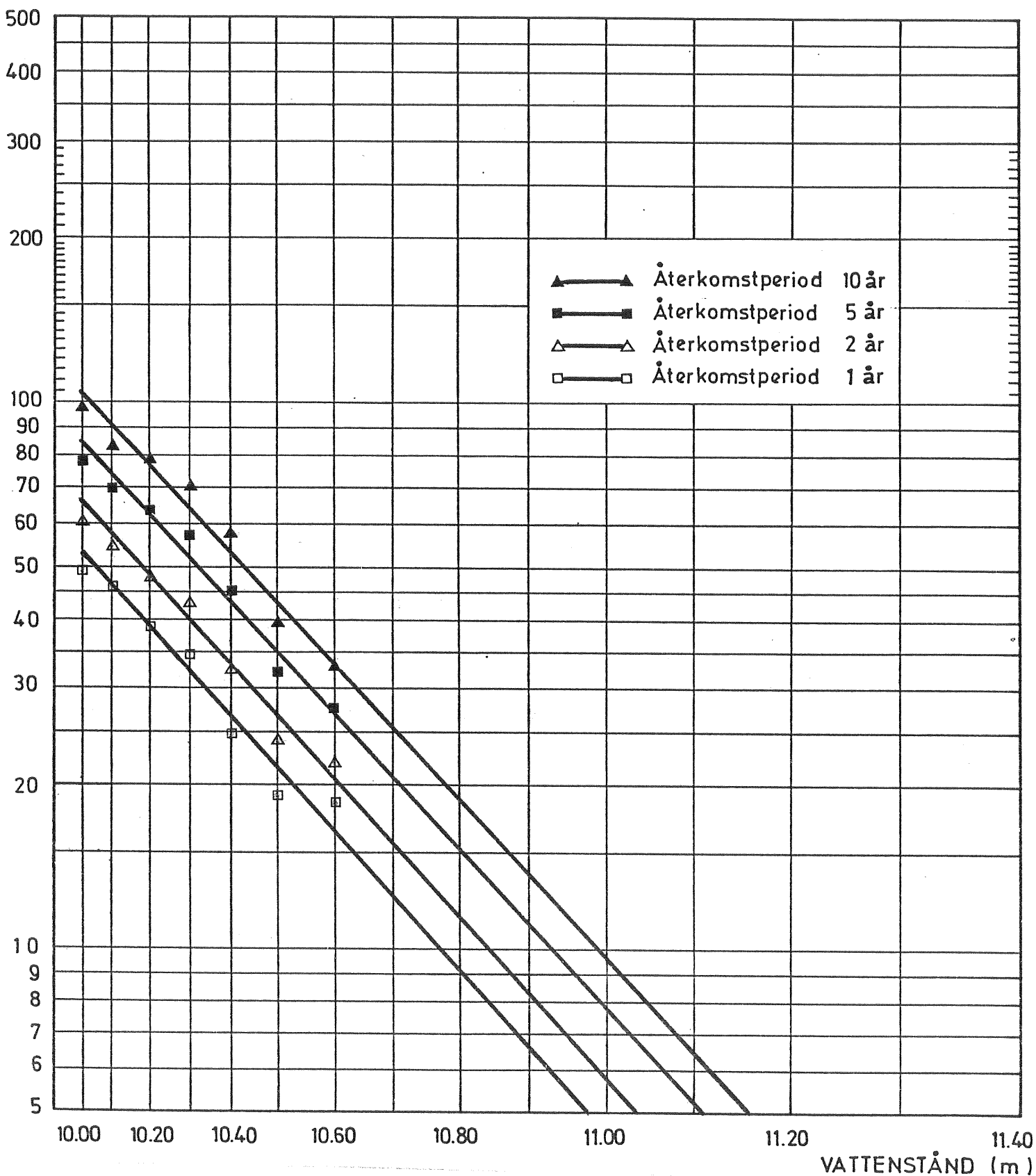
INTENSITET:
(l/s/ha)



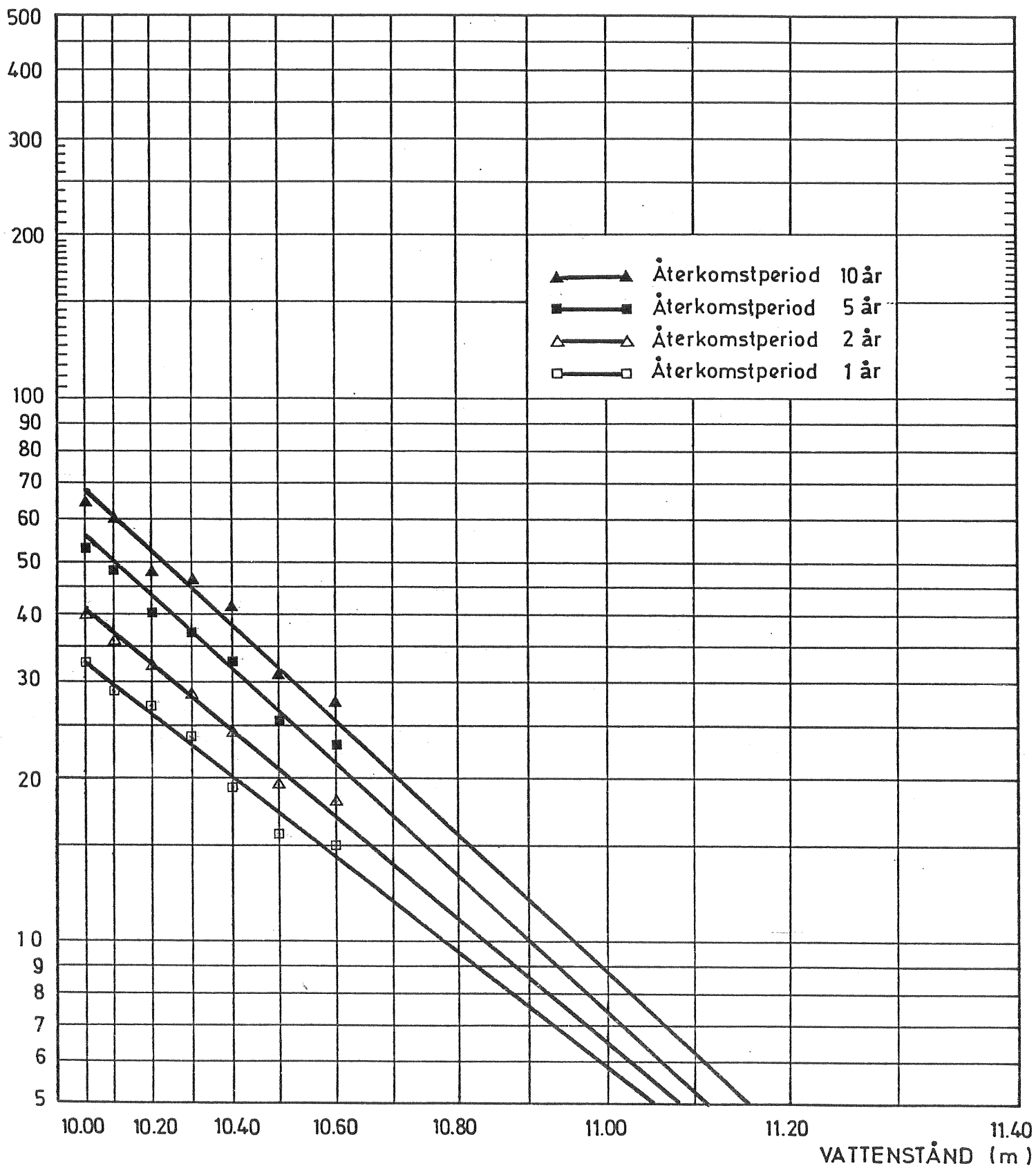
Bilaga 8

Extrapolering av intensitets-vattenståndsvärden för
varaktigheten 20 minuter. Mätperiod: 1926 - 1953

INTENSITET
(l/s/ha)



INTENSITET
(l/s/ha)



Bilaga 10 Extrapolering av intensitets-vattenståndsvärden för varaktigheten 70 minuter. Mätperiod: 1926 - 1953

