

Skrift nr. 16

Bestemmelse af regnrækker



Aalborg Universitetsbibliotek

530002336463



1974

DIF Spildevandskomiteen

I en periode inden Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité's reorganisation i efteråret 1973 udarbejdedes nærværende skrift nr. 16. Arbejdet er foranlediget udført af følgende medlemmer af den tidligere komité's dimensioneringsudvalg:

Afdelingsingeniør P. H. Eriksen
Afdelingsingeniør P. H. Rendsvig
Overingeniør A. Skadhauge

Bearbejdelse af materialet er foretaget af konstruktør G. Lindholt, civilingeniør Bent Hansen og ingeniørfirmaet Akvadan-Harvey A/S. EDB-behandlingen er udført af I/S Kommunedata.

Indholdsfortegnelse

FORORD	5
BESTEMMELSE AF REGNRÆKKER	6
Tidligere materiale	6
Det samlede foreliggende materiale	6
Beskrivelse af den anvendte fremgangsmåde	7
Gennemgang af pluviogrammerne	9
Observationernes sortering	11
Fejlkilder	11
Urværksfejl	11
Tromleakselfejl og svømmebeholderaksefejl	13
Hævertfejl	13
Opstillingsfejl	13
Pasningsfejl	14
Aflæsningsfejl	14
MA TERIALETS BEARBEJDELSE	15
Materialet for sommerhalvårene fra hvert målested	15
Landsregnrækker og landsregnformler	18
Regnrækker gældende for hele året	21
Sammenligning af nye og ældre regnformler og regnrækker	23
Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = \frac{1}{2}$	23
Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 1$	23
Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 2$	24
Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 5$	24
Generel sammenligning	24
Beregning af regnbassiner	25
RESUMÉ OG FORSLAG	26
Resumé (dansk)	26
Spildevandskomiteens forslag	27
English summary	27
Proposals made by the Committee of sewage Disposal	29

BILAG.	30
1 Regnrækker for Gentofte 1933-1962 (30 sommerhalvår).....	30
2 Regnrækker for Odense 1933-1962 (30 sommerhalvår)	31
3 Regnrækker for Århus 1933-1954 og 1957-1962 (28 sommerhalvår) ..	32
4 Regnrækker for Ålborg 1939-1962 (24 sommerhalvår)	33
5 Regnrækker for Esbjerg 1934-1936, 1939, 1952-1959 og 1961-1962 (14 sommerhalvår)	34
6 Regnrækker for Vejle 1937-1940, 1943-1945, 1947, 1957-1960 og 1962 (13 sommerhalvår)	35
7 Landsregnrækker (Gentofte, Odense, Århus, Ålborg, Esbjerg og Vejle) ialt 139 sommerhalvår	36
8 Regnrækker for Odense 1936-1941 og 1952-1962 (17 hele år).....	37
9 Regnrækker for Århus 1957-1962 (6 hele år).....	38
10 Regnformler for sommerhalvåret	39
11 Regnformler for hele året (Odense 1936-1941 og 1952-1962)	40
12 Landsregnrækker sammenlignet med tidligere opstillede regnrækker .	40
13 Regnkurver for Gentofte, sommerhalvårene 1933-1962	41
14 Regnkurver for Odense, sommerhalvår 1933-1962, hele år 1936-1941 og 1952-1962	42
15 Regnkurver for Århus, sommerhalvår 1933-1954 og 1957-1962.....	43
16 Regnkurver for Ålborg, sommerhalvår 1939-1962	44
17 Regnkurver for Esbjerg, sommerhalvår 1934-1936, 1939, 1952-1959 og 1961-1962	45
18 Regnkurver for Vejle, sommerhalvår 1937-1940, 1943-1945, 1947, 1957- 1960 og 1962.....	46
19 Regnkurver for hele landet	udslag
20 Landsregnformler og formler til beregning af regnbassiner	47
21 Dimensionering af regnbassiner	udslag

Forord til skrift nr. 16

I efteråret 1973 blev Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité reorganiseret. Ved reorganisationen overtog den nye spildevandskomité nogle enkelte arbejder i mere eller mindre fuldendt stand. Indholdet af dette skrift nr. 16 forelå fuldt færdigt, og den nye spildevandskomité har derfor kun anset det for en ekspeditionssag at udgive dette værdifulde materiale.

Den tidligere spildevandskomité handlede klogt ved til stadighed at tilskynde til opretholdelse af de regnmålere, hvorpå det statistiske materiale om regnskyl er baseret. Gennem årtiers målinger er etableret et statistisk materiale af international standard. Materialet er behandlet ganske som i skrift nr. 2, som blot omfattede en kortere årrække. Hermed er forbindelsen til den traditionelle ingeniørmæssige anvendelse sikret.

Dette skrifts basismateriale vil snart blive givet anden form for bearbejdelse ved hjælp af statistiske teorier. Desuden overføres idag selve kurvematerialet til EDB med henblik på en statistisk bearbejdelse som baseres på det enkelte regnskyl som en statistisk begivenhed. Begge disse bearbejdningsformer lider af en manglende tilknytning til dimensioneringsmetoder. EDB giver imidlertid rige muligheder for at gøre denne mangel midlertidig og spildevandskomiteen har besluttet at prioritere udviklingen af mere avancerede dimensioneringsmetoder højt.

Poul Harremoës
Professor
Formand for DIF's
Spildevandskomité

Bestemmelse af regnrækker

Tidligere materiale

Nærværende skrift er en fortsættelse af og et supplement til:

- a) Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité's skrift nr. 2: „Bearbejdelse af diagrammer fra de af Stads- og Havneingeniørforeningen opstillede selvregistrerende regnmålere for årene 1933-1947“, udgivet 1950, og
- b) Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité's skrift nr. 6: „Bestemmelse af regnrækker for regn af større hyppighed end fem gange årlig samt angivelse af formler og diagrammer til dimensionering af regnvandsbassiner“, udgivet 1953.

Det i disse to skrifter behandlede materiale omfatter følgende pluviogrammer:

Skrift nr. 2: Gentofte	1933-47	} Sommerhalvår
Odense	1933-47	
Århus	1933-47	
Ålborg	1939-47	

Skrift nr. 6: Odense 1936-41 (hele år)

I skrift nr. 2 foretoges en bearbejdelse af data for de regnskyl, der optræder med en gennemsnitlig årlig hyppighed på 5 eller derunder. På grundlag heraf opstilledes regnrækker og regnformler svarende til overbelastning 1/2, 1, 2 og 5 gange årlig og svarende til regnvarigheder mellem 5 minutter og 4 døgn.

I skrift nr. 6 foretoges en bearbejdelse af data for de regnskyl, der optræder med en gennemsnitlig årlig hyppighed på 20 eller derunder. På grundlag heraf opstilledes regnrækker og regnformler svarende til overbelastning 1/2, 1, 2, 5, 10, 15 og 20 gange årlig og svarende til regnvarigheder mellem 5 minutter og 4 døgn. Endvidere opstilledes formler til beregning af regnbassiner.

Det samlede foreliggende materiale

Det materiale, der er behandlet i nærværende skrift, omfatter følgende pluviogrammer:

Gentofte	1933-62	(30 sommerhalvår)
Odense	1933-62	(30 sommerhalvår)
Århus	1933-54	
	og 1957-62	(28 sommerhalvår)
Ålborg	1939-62	(24 sommerhalvår)
Esbjerg	1934-36,	
	1939,	
	1952-59,	
	1961-62	(14 sommerhalvår)
Vejle	1937-40,	
	1943-45,	
	1947,	
	1957-60,	
	1962	(13 sommerhalvår)
Odense	1936-41	
	og 1952-62	(17 hele år)
Århus	1957-62	(6 hele år)

Der er således i den nye bearbejdelse medtaget pluviogrammer for nogle år i perioden 1933-47, som ikke var medtaget i skrift nr. 2. Det gælder pluviogrammer fra Esbjerg og Vejle.

Bearbejdelsen af materialet er foretaget af konstruktør G. Lindholdt, civilingeniør Bent Hansen og ingeniørfirmaet Akvadan-Harvey A/S. EDB-behandlingen er udført af I/S Kommunedata.

Beskrivelse af den anvendte fremgangsmåde

Fremgangsmåden ved bearbejdelse af pluviogrammerne er den samme, som er beskrevet i skrift nr. 2. Angående detaljer henvises derfor til dette skrift, men der skal her gives et resumé af fremgangsmåden.

Grænseværdierne for den nedbør, der er medtaget ved bearbejdelsen af pluviogrammerne fra alle målestationer i sommerhalvårene, har været de samme, som er angivet i skrift nr. 2. Værdierne fremgår af tabel 1.

Ved bearbejdelsen har det dog vist sig, at grænseværdierne for de korteste tidsintervaller er sat for højt, således at man ikke fik tilstrækkelig mange resultater til at opstille regnrækker for 5 gange årlig hyppighed ($n = 5$).

For de længere tidsintervaller kan grænseværdierne derimod sættes noget højere end i tabel 1. Ved fremtidige bearbejdelser kan anbefales de i tabel 2 angivne grænseværdier.

Tabel 1Laveste grænse for nedbør, der er medtaget ved bearbejdelsen for $n = 5$ (sommerhalvåret).

Regnvarighed (min.)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Grænseværdi for nedbør (mm)	2,5	3,1	3,4	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7	4,9	5,0	5,3	
Regnvarighed (timer)	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
Grænseværdi for nedbør (mm)	7,0	8,5	9,0	10,5	11,5	12,0	12,5	12,8	13,0	13,5	14,0	15,5	18,0

Tabel 2Laveste grænse for nedbør, der bør medtages ved fremtidige bearbejdelser for $n = 5$

Regnvarighed (min.)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Grænseværdi for nedbør (mm)	2,1	2,9	3,4	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	
Regnvarighed (timer)	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
Grænseværdi for nedbør (mm)	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,0	12,5	13,7	14,0	14,5	15,5	17,5	20,0

Tabel 3Laveste grænse for nedbør, der er medtaget ved bearbejdelsen for $n = 20$ (hele året – Odense og Århus).

Regnvarighed (min.)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Grænseværdi for nedbør (mm)	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	
Regnvarighed (timer)	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
Grænseværdi for nedbør (mm)	3,1	3,6	4,0	4,8	5,3	5,7	6,0	6,7	7,2	7,8	8,4	9,5	11,4

Tabel 4Laveste grænse for nedbør, der bør medtages ved fremtidige bearbejdelser for $n = 20$.

Regnvarighed (min.)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Grænseværdi for nedbør (mm)	0,8	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	
Regnvarighed (timer)	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
Grænseværdi for nedbør (mm)	3,6	4,2	4,6	5,3	5,6	6,0	6,2	6,8	7,2	7,5	8,0	9,0	11,0

Grænseværdierne for den nedbør, der er medtaget ved bearbejdelsen af pluviogrammerne fra Odense og Århus for hele året, har været de samme, som er angivet i skrift nr. 6. Værdierne fremgår af tabel 3.

Ved bearbejdelsen har det vist sig, at grænseværdierne for de lange tidsintervaller (over 20 timer) er sat for højt, således at man ikke fik tilstrækkelig mange resultater til at opstille regnrækker for $n = 20$.

For tidsintervaller mindre end 20 timer kan grænseværdierne derimod sættes lidt højere end i tabel 3. Ved fremtidige bearbejdelser anbefales de i tabel 4 angivne grænseværdier.

Gennemgang af pluviogrammerne

På det papir, der benyttes i pluviograferne, svarer 1 mm regn til 4 mm, og tiden 10 minutter svarer til 5,25 mm.

For hvert af de i tabel 1 angivne tidsintervaller opsøges på kurverne de strækninger, for hvilke middelintensiteten for det givne tidsrum er størst, d.v.s. man opsøger det sted på kurven, hvor man finder den største ordinat-differens mellem to punkter, hvis abscissedifferens er lig den givne tid.

Arbejdet er udført manuelt ved hjælp af et transparent papir med et indtegnet målediagram.

For hvert regnskyl eller tæt på hinanden følgende regnskyl er foruden den største værdi for et givet tidsinterval også medtaget eventuelle andre værdier over grænseværdien, idet der dog er set bort fra de nærmeste 6 timer før og efter den største værdi. Dette fordi man mener, at eventuelt optrædende gentagelser af overbelastninger inden for så kort et tidsrum som 6 timer ikke har nogen betydning.

Hvis der inden for et givet tidsinterval optræder to eller flere regnskyl, der er afbrudt af pauser med tørvej, bestemmes middelintensiteten uden hensyn til pauserne, og de fundne værdier medtages, sålænge de ligger over de i tabel 1 angivne grænseværdier.

De på den ovenfor beskrevne måde fundne nedbørsmængder for hver station (målt i mm) opføres for hvert år i et skema som vist i tabel 5, der er en gengivelse af et tilfældigt skema fra Århus for året 1941. Disse skemaer kaldes *A-skemaer*.

For hvert regnskyl, der har interesse, angives dato og klokkeslet for regnskyllets begyndelse samt en bogstavbetegnelse til identificering af regnskyl-lene.

En streg i en rubrik i A-skemaerne betyder, at den for denne varighed fundne nedbørsmængde ligger under grænseværdien og derfor er uden interesse. En

By: Århus
År: 1941

Skema over regnskyl
Nedbør i mm

Nr. Dato Tid	minutter												timer												
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
bo 11/6 6 ³⁰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,3	8,9	10,3	10,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bp 19/7 21 ⁰⁰	-	-	-	-	-	-	4,4	4,6	4,7	-	-	-	-	9,0	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bq 21/7 8 ⁰⁰	3,6	5,0	5,5	5,6	5,8	6,4	(6,4)	(6,4)	6,5	(6,5)	(6,5)	(6,5)	7,6	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	16,7	21,5	42,0
br 22/7 14 ⁰⁰	3,3	(3,3)	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bs 23/7 8 ⁰⁰	-	-	-	-	-	-	-	4,8	5,5	5,8	5,9	6,0	8,2	11,4	(11,4)	11,5	12,5	13,3	13,4	13,6	14,4	17,2	20,7	(20,7)	-
bt 11/8 17 ³⁰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bu 14/8 0 ⁰⁰	-	-	-	3,8	4,7	5,4	5,7	6,1	6,8	7,6	8,5	9,2	11,2	13,6	13,8	14,2	14,7	14,9	20,4	22,0	22,9	(22,9)	(22,9)	(22,9)	34,7
bv 28/8 16 ⁴⁵	-	3,2	4,0	(4,0)	4,6	4,7	4,8	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bx 31/8 16 ³⁰	2,8	3,4	3,9	(3,9)	(3,9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
by 18/10 20 ⁰⁰	-	-	-	-	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,2	6,3	8,5	10,0	11,3	12,8	14,1	15,3	15,4	16,1	21,8	22,5	23,4	(23,4)	38,0

parentes om et tal betyder, at regnen er ophørt, men at middelintensiteten, når regnens varighed tænkes udstrakt til den for den pågældende rubrik angivne tid, ligger over den fastsatte grænseværdi for denne varighed og derfor skal medregnes.

Ved arbejdet med pluviogrammerne er Meteorologisk Instituts „Oversigt over vejrforholdene“ anvendt dels som kontrol, dels som supplement, hvis måleren i en periode har været ude af funktion, idet man har taget værdier for døgnnedbørsmængden fra den ved den pågældende station nærmest beliggende meteorologiske observationspost.

Observationernes sortering

Når man har fået et A-skema for hvert år for en station, noteres alle regnskyl med samme varighed op for sig, hvorefter de nummereres efter størrelse og indføres i et B-skema, hvoraf et udsnit er vist i tabel 6.

De i A-skemaerne angivne bogstavbetegnelser er også anført i B-skemaerne, således at man er i stand til at følge de enkelte regnskyl på disse skemaer. Såfremt det ønskes, kan man let finde tilbage til A-skemaerne og således konstatere, hvornår regnskyllet er indtruffet.

De i B-skemaerne i række nr. 1 angivne værdier er altså de største værdier, der er observeret inden for det pågældende tidsrum.

Da definitionen på en regnrække som bekendt er sådanne sammenhørende værdier af varighed og intensitet, som inden for et bestemt tidsrum lige ofte nås eller overskrides, ses det, at alle værdier i samme vandrette række danner en regnrække. Rækkens nummer angiver det antal gange, disse værdier nås eller overskrides i løbet af den periode, de til grund for værdierne lagte observationer har strakt sig over.

Ved behandling af materialet fra Gentofte er observationsperioden f.eks. 30 år. Række nr. 30 nås eller overskrides altså gennemsnitlig én gang om året, hvilket som regel udtrykkes ved, at hyppigheden er $n = 1$. På samme måde er værdierne i række nr. 60 den til $n = 2$ svarende regnrække o.s.v. Regnrækken for $n = \frac{1}{2}$ svarer til række nr. 15, og regnrækken for $n = \frac{1}{3}$ til række nr. 6.

Fejlkilder

De vigtigste fejlkilder ved pluviografen, registreringen og aflæsningen er følgende:

Urværksfejl

For hurtig eller for langsom gang har næppe nogen væsentlig betydning i sammenligning med andre fejl.

I nogle tilfælde har uret stået stille nogle timer, i andre tilfælde været til reparation i nogle dage. Til delvis erstatning for manglende pluviogrammer er for regnvarigheder på 1-4 døgn benyttet Meteorologisk Instituts døgnmålinger. Herved kan opstå fejl, idet f.eks. 2 døgn nedbør kan være faldet inden for 24 timer, men der er ingen mulighed for at korrigere herfor.

En undtagelse er Gentoftemåleren, hvor man har kunnet erstatte manglende registreringer med resultater fra Københavns kommunes to pluviografer ved Emdrup Banke og Vølundsgade.

Tromleakselsefejl og svømmebeholderaksefejl

Hvis skrivetromlens aksel ikke står nøjagtig lodret, vil den linie, der optegnes på pluviogrammet under den af en hævert forårsagede tømning af svømmebeholderen, få en anden hældning end normalt, og der fremkommer en fejl i aflæsningen af regnstyrkerne. Det samme gælder, hvis svømmebeholderens akse ikke er lodret.

Fejlen vokser meget stærkt med nedbørskurvens hældning og kan derfor blive stor for de sjældne, kortvarige regnskyl.

Hævertfejl

Hvis hæverten er tilstoppet, tømmes måleren ikke. Muligvis kan svigtende tømning også skyldes, at regnen er for svag til at sætte hæverten i funktion. Stregen fortsætter i så fald vandret på papiret efter at have nået 40 mm.

Delvis tilstopning af hæverten kan medføre, at måleren tømmes langsomt (i løbet af flere timer). Det viser sig på pluviogrammet ved, at stregen når 40 mm og derfra fortsætter, ofte i en bølget linie, langsomt nedad igen.

De to nævnte fejl bliver rettet ved tilsyn af måleren næste morgen.

En normal hæverttømning varer ca. 5 minutter, og i dette tidsrum registreres ingen regn. Også ved fejlfri hæverttømning opstår derfor en fejl, som er desto større, jo stærkere det regner under tømningen. Fejlen afhjælpes ved, at man tegner en lodret streg gennem midtpunktet af tømningsslinien, som ikke er helt lodret, og forlænger regnkurven på begge sider af den lodrette streg (foroven og forneden) til skæring med stregen.

Opstillingsfejl

Regnmålerens placering i forhold til bygninger, træer og lignende kan indvirke på resultatet, idet der på grund af disse genstandes tilstedeværelse dannes lufthvirvler. Såfremt der ved visse vindretninger dannes et „regnlæ“ på regnmålerens plads, bliver resultatet ved disse vindretninger i høj grad påvirket deraf.

Om disse forhold henvises til:

Henning Madsen: Korrektion af nedbørsmålinger, udført af Det danske meteorologiske Institut som klimatologiske meddelelser nr. 2, Charlottenlund 1972.

Pasningsfejl

Papiret bør hverken bruges for længe eller skiftes for ofte. Med tydelig datoangivelse på kurverne kan papiret udmærket bruges i mange døgn, hvis der blot ikke optræder hæverttømninger. Ved opsøgning af regnværdierne for de længste varigheder er det en fordel, at samme papir indeholder kurver for mange døgn, idet det letter overskueligheden.

Det skønnes rimeligt at skifte papiret og tømme beholderen, når denne er halvt fuld. Derved opnås tillige, at man får færre hæverttømninger, der som nævnt medfører en vis unøjagtighed.

Hvor datoangivelse mangler, kan Meteorologisk Instituts observationer næsten altid bruges til fastlæggelse af datoen.

Måleglassets indhold efter hver hæverttømning bør noteres på pluviogrammet som kontrol.

Aflæsningsfejl

Unøjagtighed ved aflæsning af pluviogrammerne medfører fejl i den beregnede regnstyrke. Fejlen vokser med tiltagende regnstyrke og aftagende regnvarighed.

Det har betydning for aflæsningsnøjagtigheden, at skrivestiften fungerer perfekt og tegner en tydelig tynd streg på papiret.

Materialets bearbejdelse

Materialet for sommerhalvårene fra hvert målested

i perioden 1933-62 er bearbejdet med henblik på opstilling af regnrækker for $n = 5, 2, 1, \frac{1}{2}$ og $\frac{1}{5}$ for hvert af målestederne Gentofte, Odense, Århus og Aalborg og for $n = 5, 2, 1$ og $\frac{1}{2}$ for hvert af målestederne Esbjerg og Vejle.

Resultaterne af dette materiale fremgår af bilagene 1-6. Herpå er vist de direkte observerede værdier for ovennævnte regnrækker samt for $n = \frac{1}{10}$. Endvidere er angivet de målte største værdier for hver varighed, d.v.s. svarende til $n = \frac{1}{30}$ for Gentofte og Odense, $n = \frac{1}{28}$ for Århus, $n = \frac{1}{24}$ for Ålborg, $n = \frac{1}{14}$ for Esbjerg og $n = \frac{1}{13}$ for Vejle.

På grundlag af B-skemaerne blev regnintensiteter målt i mm/ t_r min. omsat til intensiteter målt i 1/sek/ha ved relationen:

$$1 \text{ mm/min.} = 10^4 : 60 = 166,7 \text{ 1/sek/ha.}$$

Er der således i løbet af t_r minutter registreret N mm nedbør fås

$$i = \frac{N \cdot 10^4}{t_r \cdot 60} = 166,7 \frac{N}{t_r} \text{ (1/sek/ha)}$$

De i skemaerne, bilag 1-6, angivne sammenhørende værdier af regnvarighed t_r (min) og regnintensitet i (1/sek/ha) for $n = \frac{1}{5}, \frac{1}{2}, 1, 2$ og 5 for hvert observationssted blev afsat på dobbeltlogaritmisk papir med t_r som abscisse og med i som ordinat. Ligesom ved udarbejdelsen af skrift nr. 2 var der ved udarbejdelsen af nærværende skrift en forventning om, at de afsatte punkter ville gruppere sig omkring en ret linie, der kan udtrykkes ved formlen:

$$\log i = \log c - \alpha \log t_r$$

der kan omskrives til regnformlen:

$$i = c \cdot t_r^{-\alpha}$$

hvor c og α er parametre, der afhænger af overskridelseshyppigheden n . Det konstateredes da også, at punkterne for $n < 2$ med god tilnærmelse lå på en ret linie, idet døg i -værdierne for $t_r = 5$ og 10 min. i de fleste tilfælde lå for lavt. For $n = 5$ grupperer punkterne sig omkring 2 rette linier, hvis skæringspunkt for Gentofte, Odense, Århus og Ålborg har abscissen $t_r = 4$ timer, for

Esbjerg $2\frac{1}{2}$ timer og for Vejle 2 timer. For $n = 2$ grupperer punkterne sig ligeledes omkring 2 rette linier, bortset fra Odense og Vejle. Skæringspunkt er for Gentofte 6 timer, Århus 2 timer, Ålborg og Esbjerg 3 timer.

Ved udarbejdelsen af skrift nr. 2 blev der foretaget en grafisk udjævning af de observerede i -værdier.

For at mindske usikkerheden på bestemmelsen af parametrene c og α er udjævningen ved nærværende bearbejdelse foretaget ved en regressionsanalyse (mindste kvadraters metode) ved hjælp af et af I/S Kommunedata udarbejdet APL-standardprogram. Ved denne metode bestemmes analytisk den regnformel (parametrene c og α), der giver bedst tilpasning til de observerede i -værdier.

Det kunne som ovenfor anført rent grafisk konstateres, at visse observationsdata måtte udskydes, for at regnrækkerne for $n \leq 2$ kunne udtrykkes ved en enkelt regnformel af ovennævnte type.

For Gentofte-observationerne blev der foretaget en særlig undersøgelse for at få fastslået, hvilke punkter der burde udskydes, idet der opstilledes formler for observationerne i intervallerne:

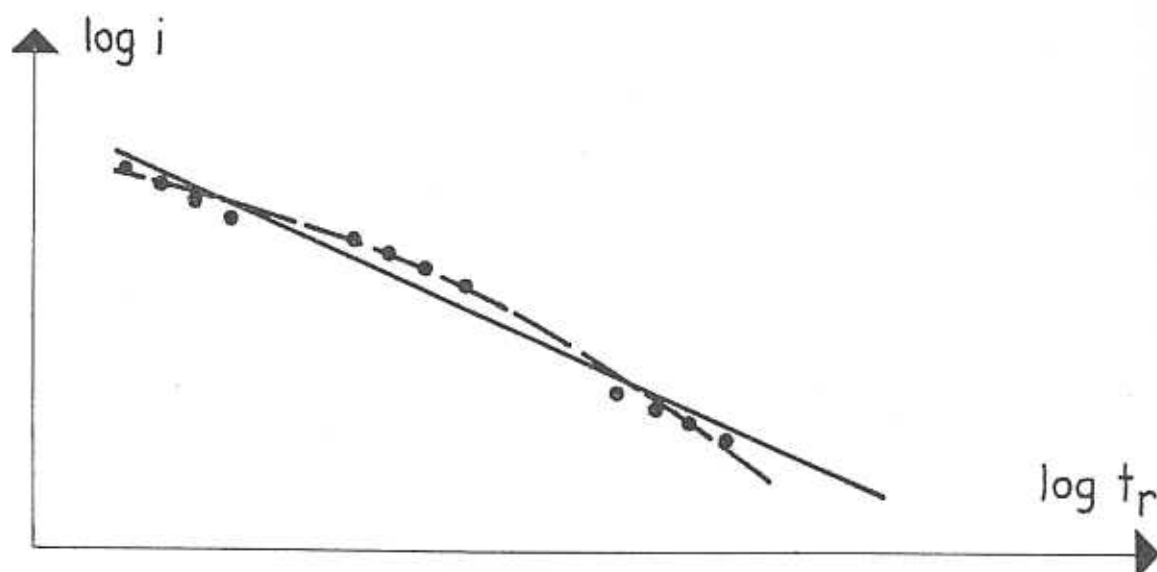
$$5 \text{ min.} \leq t_r \leq 96h \quad (25 \text{ observationer})$$

$$10 \text{ min.} \leq t_r \leq 96h \quad (24 \text{ observationer})$$

$$15 \text{ min.} \leq t_r \leq 96h \quad (23 \text{ observationer})$$

$$20 \text{ min.} \leq t_r \leq 96h \quad (22 \text{ observationer})$$

Resultatet blev, at den bedste tilpasning (min. middelfejl på $\log i$) opnåedes, når observationerne for $t_r = 5$ og 10 min. blev udskudt. For de øvrige 5 observationssteder blev der alene foretaget en grafisk undersøgelse, hvorved



konstateredes lignende forhold som for Gentofte. Samtlige „lokalformler“ blev herefter konsekvent baseret på intervallet $15 \text{ min.} \leq t_r \leq 96 \text{ h}$, mens i -værdierne for $t_r = 5$ og 10 min. fastsattes som de observerede værdier afrundet til nærmeste multiplum af 5 l/sek/ha .

Programmet testede endvidere, om observationsværdierne fordelte sig tilfældigt om den rette linie:

$$\log i = \log c - \alpha \log t_r$$

I flere tilfælde konstateredes en „gruppevis“ fordeling (se fig.), som indikerer, at en bedre tilpasning kunne opnås ved en svagt krum kurve, der f.eks. kan udtrykkes ved regnformlen:

$$i = c \times t_r^{-\alpha} - d$$

eller

$$\log(i + d) = \log c - \alpha \log t_r$$

hvor d er en parameter, der som c og α er afhængig af overskridelseshyppigheden n . Regressionsanalysen besværliggøres imidlertid noget ved anvendelse af denne formel, og da d for $n \leq 2$ vil antage små værdier, valgte man at blive stående ved den oprindeligt valgte formel.

De opstillede formler og disses gyldighedsområder fremgår af bilag 10.

For $n = 5$ antager d noget større værdier, men under hensyn til den benyttede udjævningsmetode valgtes det her, for hvert målested at benytte 2 formler af typen:

$$i = c \times t_r^{-\alpha}$$

med hver sit gyldighedsområde, som ligeledes fremgår af bilag 10. Det ses, at området varierer noget fra målested til målested. For Ålborg blev observationerne for $t_r = 5$ og 10 min. ikke medtaget, da de skønnedes at ligge for lavt. For de øvrige målesteder var visse observationer for de små t_r -værdier ikke medtaget i B-skemaerne, idet de lå under grænseværdierne.

Idet T betegner den værdi af t_r , for hvilken de to formler giver samme værdi af i , er de to formlers gyldighedsområder:

$$\begin{aligned} t_{r, \min} &\leq t_r \leq T \\ T &\leq t_r \leq 96 \text{ h} \end{aligned}$$

Det kunne (grafisk) skønnes, at T for $n = 5$ måtte ligge i intervallet $2 \text{ h} \leq T \leq 4 \text{ h}$. En nøjagtigere fixering af T skete ved opstilling af de to formler (for hvert målested), idet T tillagdes værdierne 2 h , $2\frac{1}{2} \text{ h}$, 3 h og 4 h . Herefter

valgtes den formelkombination, som bedst tilpassede de observerede værdier af i . For Gentofte, Odense, Århus og Ålborg fandtes $T = 4h$, for Vejle $2h$ og for Esbjerg $2\frac{1}{2}h$.

Landsregnrækker og landsregnformler

Foruden regnformler for sommerhalvåret for hvert af målestederne Gentofte, Odense, Århus, Ålborg, Esbjerg og Vejle angives i skemaet, bilag 10, også regnformler for hele landet. Fremgangsmåden ved opstilling af disse beskrives i det følgende.

I Spildevandskomitéens skrift nr. 2 omtales en undersøgelse af nedbørsforholdene i de forskellige dele af landet, foretaget med henblik på at bestemme de fundne regnrækkers gyldighedsområde. Undersøgelsens resultat var negativt, idet der ikke fandtes nogen klar sammenhæng mellem den årlige nedbørsmængde og de kraftige regnskyls optræden.

Bearbejdelsen af diagrammerne for perioden 1933-47 viste for $n = 1/2$ og $n = 1$ en tydelig forskel mellem de forskellige målesteder. Dette førte til opstilling af én regnrække for Gentofte og Odense, en anden for Århus og en tredje for Ålborg. For $n = 1$ var regnrækkerne for Århus og Ålborg dog sammenfaldende.

Man kunne på grundlag af det ret begrænsede observationsmateriale ikke afgøre, om afvigelserne fra det ene målested til det andet skyldtes tilfældigheder, eller de skyldtes, at nedbørsforholdene på de forskellige målesteder virkelig er forskellige.

Efter at måleperiodens længde nu stort set er fordoblet, har det derfor været vigtigt at undersøge, om man stadig kan konstatere de samme forskelle fra målested til målested. Undersøgelsen viser, at forskellen er mindre, når man betragter hele måleperioden 1933-62, end for perioden 1933-47. Dette peger i retning af, at forskellene er tilfældige, og at man får et bedre resultat ved at betragte hele landet under ét.

Det kan således nævnes, at regnrækkerne for Gentofte og Odense, opstillet alene for perioden 1948-62, for $n = 1/2$ og $n = 1$ ligger noget højere end for perioden 1933-47, medens de tilsvarende regnrækker for Århus og Ålborg ligger lavere i perioden 1948-62 end i perioden 1933-47.

Betragtes f.eks. de fire målesteders regnrækker for $n = 1/2$ for perioden 1948-62, er der meget ringe indbyrdes forskel. Dog ligger værdierne for Odense noget højere end værdierne fra de tre andre målesteder for de korte varigheder, men noget lavere for de lange varigheder.

Opstilling af regnrækker gældende for hele landet – landsregnrækker – kan på grundlag af det foreliggende materiale foregå på to forskellige måder. De kan opstilles enten som „gennemsnitsregnrækker“ eller som „puljeregnrækker“.

„Gennemsnitsregnrækker“ bestemmes på grundlag af de allerede opstillede lokale regnrækker, idet man for hver varighed beregner gennemsnittet af værdierne fra de enkelte målestationer med vægt efter stationernes antal af observationsår.

„Puljeregnrækker“ bestemmes ved, at man lader observationerne fra alle målestationer indgå i én pulje, hvorved man får et materiale svarende til det samlede antal observationsår. I det foreliggende tilfælde har man materiale fra Gentofte i 30 år, Odense i 30 år, Århus i 28 år, Ålborg i 24 år, Esbjerg i 14 år og Vejle i 13 år, ialt altså 139 observationsår.

Opstilling af „puljeregnrækker“ er den mest korrekte fremgangsmåde, men den er langt mere arbejdskrævende end opstilling af „gennemsnitsregnrækker“. En sammenligning af resultaterne ved anvendelse af de to metoder på samme materiale har vist, at forskellen er meget lille for $n > 1$. Man har derfor anvendt „gennemsnitsregnrækker“ for $n > 1$.

For $n \leq 1$ afviger værdierne i „puljeregnrækken“ noget fra værdierne i den tilsvarende „gennemsnitsregnrække“. (Puljeværdierne er gennemgående mindre). For disse n -værdier er benyttet „puljeregnrækker“.

Ved opstilling af landsregnrækker har man som nævnt 139 års observationer til rådighed. Det er derfor fundet forsvarligt at angive regnrækker gældende for hele landet for n -værdier ned til $1/20$, selv om der for Esbjerg og Vejle kun foreligger observationer for 14, henholdsvis 13 år.

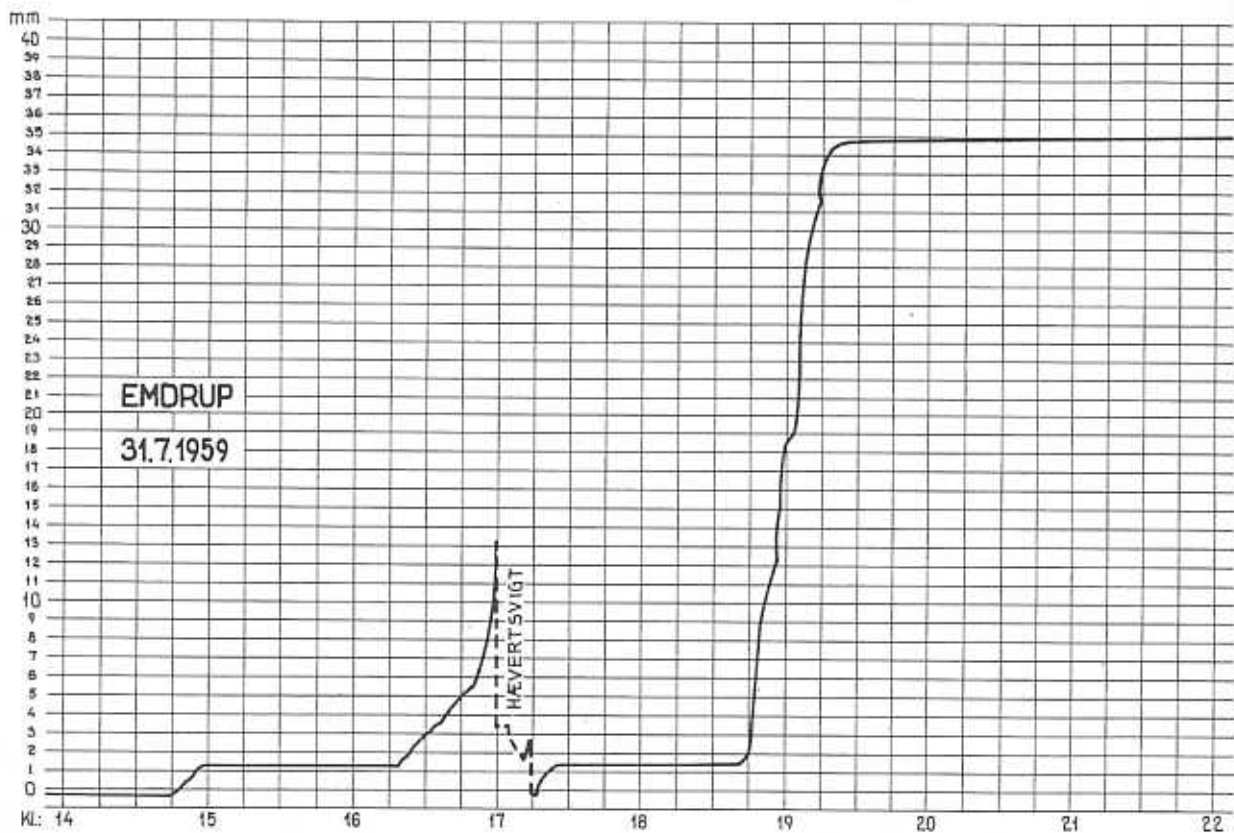
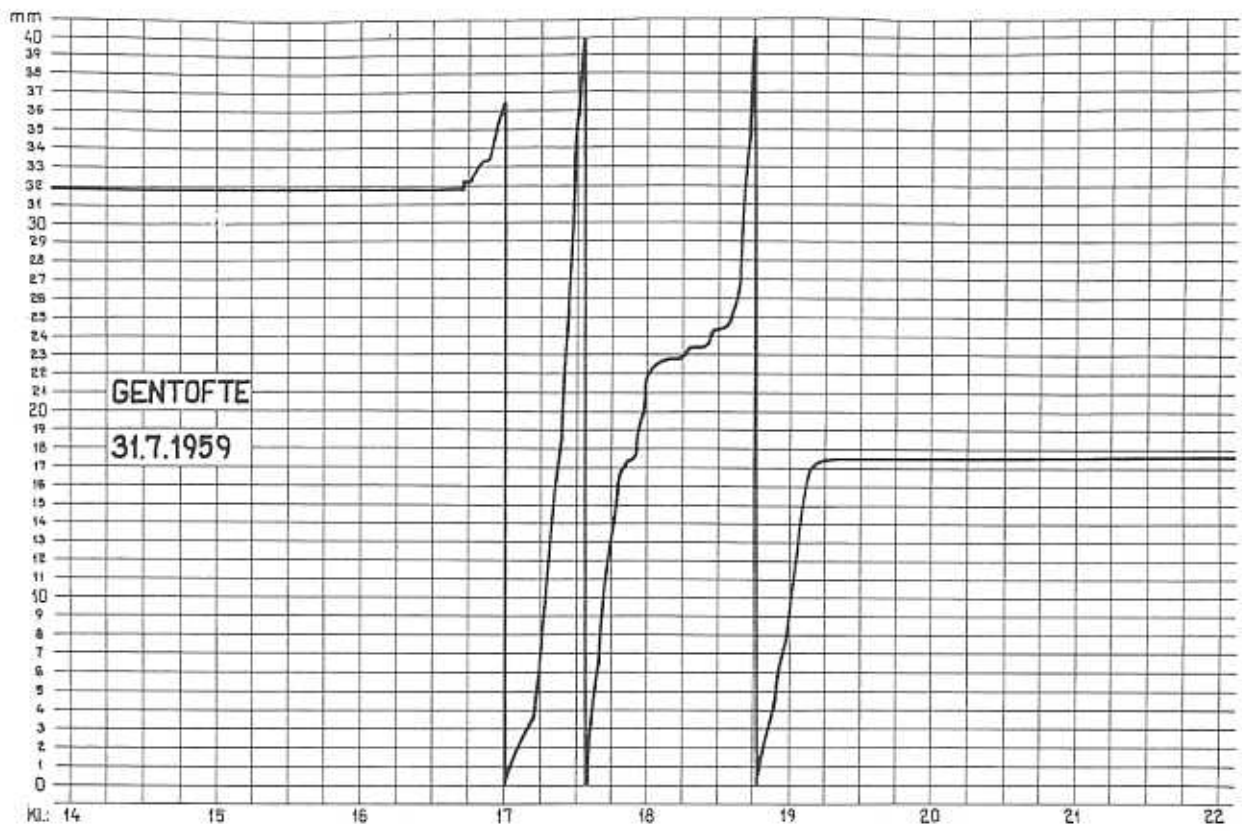
I skemaet, bilag 7, er gengivet de direkte observerede værdier for hele landet.

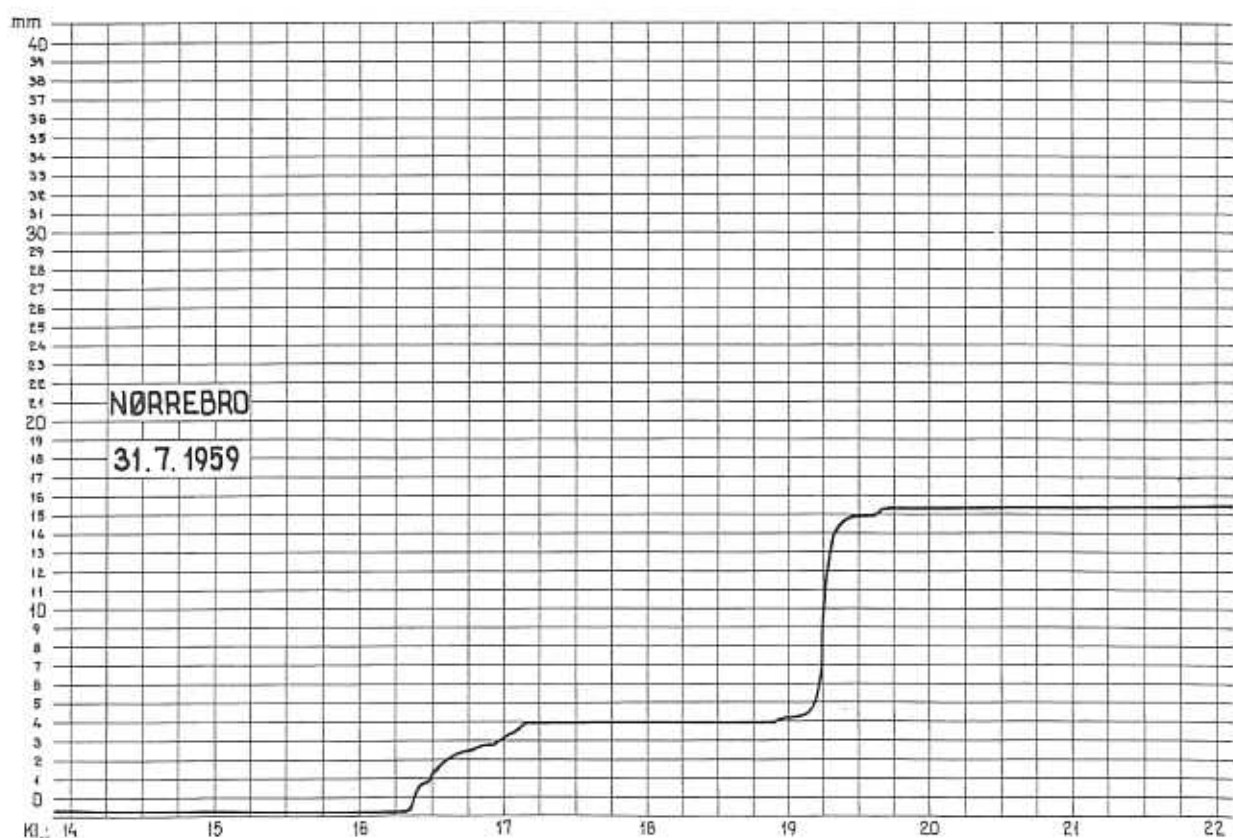
I skemaet, bilag 10, er angivet landsregnformler for $n = 1/20$ og $n = 1/10$ foruden de tidligere nævnte formler for $n \geq 1/5$.

Ved opstilling af landsformlerne var det for $n \leq 1$ (puljerækker) muligt at opnå en rimelig tilpasning med en enkelt formel. For $n = 2$ og 5 (gennemsnitsrækker) måtte 2 formler anvendes. Ligesom ved opstilling af „lokalformler“ var det også her nødvendigt at udskyde visse observationer, således at gyldighedsområdet varierer noget med n , sådan som det fremgår af bilag 10.

Det kraftigste regnskyl, der er observeret i hele perioden 1933-62, faldt i Gentofte den 31. juli 1959. Det begyndte kl. 16,45 og gav 103,7 mm regn på 3 timer. Dette regnskyl har givet de største observerede værdier for alle varigheder fra 10 minutter til 4 døgn og har altså leveret hele øverste linie i ske-

Pluviogrammer registreret 31.07.1959





maerne, bilag 1 og bilag 7, bortset fra værdierne for 5 minutter, som stammer fra to andre regnskyl.

Regnskyllet den 31.7.1959 er også registreret af Københavns kommunes pluviografer i Emdrup og på Nørrebro, men med langt mindre nedbørsværdier og fordelt over to adskilte perioder. Dette viser, at samme regnskyl kan give pluviogrammer, der afviger stærkt fra hinanden, på målesteder, der ligger tæt ved hinanden.

Regnrækker gældende for hele året

Materialet fra registreringen hele året i Odense og Århus er bearbejdet med henblik på opstilling af regnrækker for $n = 20, 15, 10, 5, 2, 1$ og $1/2$. Resultaterne af dette materiale fremgår af bilagene 8 og 9.

På grundlag af regnrækkerne i skemaet, bilag 8, (Odense 1936-41 og 1952-62) er opstillet regnformler, gældende for hele året. Disse regnformler er gengivet i skemaet, bilag 11.

Regnformlerne for hele året i Odense for $n = 1/5, n = 1/2, n = 1$ og $n = 2$ bør dog ikke anvendes. Ved sammenligning med de tilsvarende formler for sommerhalvåret i Odense (bilag 10) kan det konstateres, at formlerne for hele

året i de fleste tilfælde giver lavere intensitetsværdier end formlerne for sommerhalvåret. Dette gælder således for $n = 1/5$ ved varigheder over ca. 7 timer, for $n = 1/2$ ved varigheder over ca. 6 timer, for $n = 1$ ved alle varigheder og for $n = 2$ ved varigheder under ca. 30 timer.

Hvis regnformlerne for hele året og for sommerhalvåret havde været baseret på observationer fra den samme periode, ville formlerne for hele året nødvendigvis give højere intensitetsværdier end formlerne for sommerhalvåret eller i hvert fald ikke lavere værdier. Når formlerne for hele året i Odense, baseret på perioderne 1936-41 og 1952-62, giver resultater, der ikke stemmer med sommerhalvårs-formlerne, baseret på perioden 1933-62, må det skyldes, at nedbørsforholdene i de 17 år, hvorfra man har observationer hele året, har været anderledes end i hele den 30-årige periode, hvorfra sommerhalvårs-observationerne stammer.

De i skemaet, bilag 11, anførte regnformler for $n = 5$, gældende for Odense hele året, afviger meget lidt fra de i skemaet, bilag 10, anførte formler for $n = 5$, gældende for Odense i sommerhalvåret. I stedet for at bruge formlerne i skemaet, bilag 11, kan det derfor anbefales at bruge formlerne i skemaet, bilag 10.

For $n = 10$ og $n = 20$ er der ikke opstillet formler for sommerhalvåret. En sammenligning af formlerne i skemaet, bilag 11, gældende for disse n -værdier for hele året, med formler for sommerhalvåret, kan derfor ikke foretages. Derimod kan de nye formler sammenlignes med de i skrift nr. 6 opstillede formler for hele året (Odense 1936-41). Denne sammenligning viser, at periodens udvidelse fra 6 år til 17 år ikke har medført nogen væsentlig ændring.

Materialet fra registreringen hele året i Århus er som nævnt bearbejdet, og resultatet fremgår af bilag 9. En sammenligning af regnrækkerne i skemaet, bilag 9, der er baseret på 6 års observationer, med regnrækkerne i skemaet, bilag 3, der er baseret på 28 sommerhalvårs observationer, viser, at så godt som alle nedbørsværdierne i skemaet, bilag 9, er lavere end de tilsvarende værdier i skemaet, bilag 3. Dette viser, at nedbørsforholdene i de 6 år 1957-62 ikke er typiske for hele perioden, og at der derfor ikke vil være nogen rimelighed i at bruge regnrækkerne fra bilag 9 som grundlag for opstilling af regnformler for hele året. Dette er derfor ikke gjort, men arbejdet udsættes, indtil der foreligger et større materiale.

Som et kuriosum kan nævnes, at det vandrige døgnet i Danmark i følge Meteorologisk Instituts oplysninger indtraf den 9. juli 1931 i Marstal. I døgnet fra den 8.7. kl. 8 til den 9.7. kl. 8 faldt 168,9 mm regn. I det foregående døgnet faldt der 43,0 mm regn.

Sammenligning af nye og ældre regnformler og regnrækker

I skemaet, bilag 12, er foretaget en sammenligning af de nu opstillede landsregnrækker med de i Spildevandskomiteens skrift nr. 2 opstillede regnrækker. Sammenligningen er kun foretaget for varigheder fra 5 minutter til 40 minutter, hvor regnrækkerne har størst interesse for ledningsberegninger.

For de mindste varigheder (5, 10 og 15 minutter), hvor regnformlerne ikke i alle tilfælde har gyldighed, er regnintensitetsværdierne i bilag 12 fastsat direkte på grundlag af de observerede værdier (jfr. bilag 7). Værdierne er afrundet til multipla af 10 l/sek. ha/.

En grafisk fremstilling af regnformlerne for hver målestation og for hele landet er givet i diagrammerne, bilag 13-19.

For de mindste varigheder, hvor regnformlerne ikke er gyldige, er vist punkterede kurver, som er fastlagt på grundlag af de i skemaerne, bilag 1-7, angivne intensitetsværdier. Der er dog foretaget en vis afrunding.

Det anbefales at anvende landsregnrækkerne.

Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 1/2$

Landsregnformlen $i = 820 \times t_r^{-0,73}$ har samme α -værdi som de tidligere opstillede regnformler for Gentofte, Odense, Århus og Ålborg, og der er altså et konstant forhold mellem værdierne i den nye landsregnrække og værdierne i de tidligere opstillede regnrækker. De nye værdier ligger ca. 10% højere end værdierne i den hidtil benyttede regnrække for Gentofte og Odense, ($i = 750 \times t_r^{-0,73}$), medens de ligger ca. 14% lavere end værdierne i den hidtil benyttede regnrække for Århus ($i = 950 \times t_r^{-0,73}$) og ca. 4% lavere end værdierne i den hidtil benyttede regnrække for Ålborg ($i = 850 \times t_r^{-0,73}$).

Med henvisning til bilag 12 skal specielt nævnes, at regnintensiteten for et 10 minutters regnskyl er:

- 140 l/sek./ha efter den nye landsregnrække
- 130 l/sek./ha efter den gamle Gentofte-Odense-række
- 165 l/sek. ha efter den gamle Århus-række
- 145 l/sek./ha efter den gamle Ålborg-række.

Disse værdier er som nævnt fastsat direkte på grundlag af de observerede værdier og ikke ved indsættelse i regnformlerne.

Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 1$

Landsregnformlen $i = 600 \times t_r^{-0,71}$ har en lidt mindre c -værdi og en lidt mindre α -værdi end den tidligere opstillede regnformel $i = 650 \times t_r^{-0,73}$ for Gen-

tofte og Odense og giver i forhold til denne formel værdier, der er en ubetydelighed (indtil ca. 2%) mindre for de korte varigheder og lidt større (indtil ca. 8%) for de lange varigheder.

Landsregnformlen $i = 600 \times t_r^{-0,71}$ giver for alle varigheder noget mindre værdier end den tidligere opstillede regnformel $i = 750 \times t_r^{-0,73}$ for Århus og Ålborg, for de korte varigheder ca. 15-16% og for de længste varigheder ca. 4%.

Specielt skal nævnes, at regnintensiteten for et 10 minutters regnskyl er:

110 l/sek./ha efter den nye landsregnrække

110 l/sek./ha efter den gamle Gentofte-Odense-række

130 l/sek./ha efter den gamle Århus-Ålborg-række.

Disse værdier er som nævnt fastsat direkte på grundlag af de observerede værdier og ikke ved indsættelse i regnformlerne.

Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 2$

Den tidligere opstillede regnformel $i = 550 \times t_r^{-0,73}$ blev benyttet for alle fire målesteder, skønt tilpasningen til observationerne ikke var helt god, navnlig ikke for de korte varigheder, hvor formelen gav for høje værdier. Den nye landsregnformel består af to rette linier (knækpunktet ligger ved 3 timer) og giver en bedre tilpasning til observationerne. Den nye regnformel giver i forhold til den gamle værdier, der for korte varigheder er indtil ca. 15% mindre, for varigheder over 3 timer ca. 2% større.

Sammenligning af regnformler og regnrækker for $n = 5$

Den tidligere opstillede regnformel $i = 300 \times t_r^{-0,70}$ blev benyttet for alle fire målesteder.

Tilpasningen til observationerne var heller ikke i dette tilfælde særlig god, men er nu forbedret ved den nye formel, som består af to rette linier med knæpunkt ved 4 timer. Den nye regnrække giver i forhold til den gamle værdier, som for korte varigheder er indtil ca. 10% mindre, for varigheder mellem 1 time og 36 timer indtil ca. 10% større og for de længste varigheder indtil ca. 5% mindre.

Generel sammenligning

Ved opstilling af regnformlerne i Spildevandskomitéens skrift nr. 2 søgte man at gøre formlerne for de forskellige målesteder og de forskellige n -værdier så ensartede som muligt, selv om tilpasningen til observationerne på den måde

ikke blev helt god. Man opnåede bl.a. at kunne anvende $\alpha = 0,73$ for $n = 1/2$, $n = 1$ og $n = 2$ for alle fire målesteder.

Motiveringen herfor var dels, at formelsættet på den måde blev lettere at arbejde med, dels at man ikke turde lægge for stor vægt på observationernes spredning, da materialet var ret begrænset.

Efter at materialet nu er udvidet fra 54 observationsår til 139, er bestemmelsen af regnrækkerne blevet mere sikker. Dette motiverer, at man nu har fastlagt regnrækkerne i bedst mulig overensstemmelse med observationsmaterialet.

Som tidligere nævnt har man undersøgt, om en bedre tilpasning kunne opnås ved anvendelse af en regnformel med en ekstra parameter. Desuden har det været overvejet, om man skulle forsøge at få formeldækning også for de korteste regnvarigheder ved at anvende formler af en anden type end eksponentialformlen $i = c \times t^{-\alpha}$. Dette er af forskellige grunde opgivet og udsat til en senere lejlighed, hvor man eventuelt vil tage spørgsmålet om regnrækkers anvendelse ved dimensionering op til en principiel undersøgelse.

Beregning af regnbassiner

I „Ingeniøren“ nr. 6 for 11. februar 1950 angav civilingeniørerne P. H. Rendsvig og Ejner Larsen en metode til en tilnærmet beregning af rumfanget af regnbassiner samt varigheden af det regnskyl, der bestemmer bassinrumfanget. I Spildevandskomitéens skrift nr. 6 er anført formler og diagrammer, som kan benyttes ved denne beregningsmetode.

Disse formler og diagrammer er nu korrigeret svarende til de i nærværende skrift opstillede nye regnformler.

Formlerne til beregning af bassinrumfang og regnvarighed samt de konstanter, der indgår i formlerne, er anført i skemaet, bilag 20. Det tilsvarende diagram fremgår af bilag 21.

Det skal fremhæves, at den angivne metode til beregning af regnbassiner indeholder forskellige tilnærmelser.

Det ser ud til, at metoden er på den usikre side ved meget små bassinafløb (mindre end 2-4 l/sek.) og specielt ved små n -værdier (n mindre end 1/5 á 1/20). Det må derfor anses for ønskeligt at få foretaget en direkte undersøgelse af det nødvendige bassinrumfang ved små bassinafløb.

Beregningsmetoden forudsætter, at bassinafløbet er konstant under fyldningen, hvilket som oftest ikke er tilfældet.

Resumé og forslag

Resumé

Nærværende skrift er en videreførelse af Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité's skrifter nr. 2 og 6 og indeholder en bearbejdelse af de foreliggende pluviogrammer fra regnmålere i *Gentofte, Odense, Århus, Ålborg, Esbjerg og Vejle* i perioden 1933-62.

Fra denne periode foreligger pluviogrammer for sommerhalvårene i følgende omfang: Gentofte 30 år, Odense 30 år, Århus 28 år, Ålborg 24 år, Esbjerg 14 år og Vejle 13 år.

Endvidere foreligger pluviogrammer for hele året i følgende omfang: Odense 17 år og Århus 6 år.

På grundlag af dette materiale er opstillet regnformler, gældende for *sommerhalvåret*, for hvert enkelt målested samt for hele landet under ét. Disse formler fremgår af bilag 10 og er desuden fremstillet grafisk på bilagene 13-19.

Formlerne har følgende form:

$$i = c \times t_r^{-\alpha}$$

Her betyder i regnintensiteten (l/sek./ha), t_r regnvarigheden (minutter eller sekunder), medens c og α er konstanter, der afhænger af antallet af årlige overbelastninger (n).

For hvert af målestederne angives regnformler for værdier af n mellem 1/5 og 5, for hele landet desuden for $n = 1/10$ og $n = 1/20$.

På grundlag af materialet fra *helårsregistreringen* er forsøgt opstillet regnformler gældende for hele året. Resultatet heraf er dog, at de formler, der er opstillet for sommerhalvårene (for $n \leq 5$), også må benyttes som gældende for hele året, indtil et større observationsmateriale for hele året foreligger. Bearbejdelse af materialet med henblik på opstilling af regnformler for $n = 10$ og $n = 20$ (hvilket forudsætter registrering hele året) omfatter kun målestederne Odense og Århus. Da Århusværdierne ikke er typiske for hele 30-års perioden, anbefales det for $n = 10$ og $n = 20$ at benytte regnformlerne for Odense (se bilag 11, 14 og 19).

Den samlede bearbejdelse for hele landet omfatter nu ialt 139 sommerhalvår, fordelt på 6 målesteder, medens de tidligere bearbejdelser omfattede

54 observationsår. Bestemmelsen af regnrækker og regnformler er derved blevet mere sikker. En sammenligning viser, at den forskel, der tidligere konstateredes mellem de forskellige målesteder, navnlig for små værdier af n , er blevet mindre.

Dette peger i retning af, at forskellene er tilfældige, og motiverer opstilling af landsregnrækker (se bilag 19). I skemaet, bilag 12, er foretaget en sammenligning mellem landsregnrækkerne og de tidligere opstillede lokale regnrækker for regnvarigheder fra 5 minutter til 40 minutter.

På bilag 20 og bilag 21 er angivet formler og diagrammer til brug ved beregning af regnbassiner efter en metode angivet i „Ingeniøren“ nr. 6 for 11. februar 1950.

Spildevandskomiteens forslag

Spildevandskomiteen anbefaler, at man anvender landsregnrækkerne som gældende for hele landet. De er fremstillet grafisk på bilag 19. De tilsvarende regnformler er opført nederst i skemaet, bilag 10 (for $n \leq 5$) og i skemaet, bilag 11 (for $n = 10$ og 20). Regnintensiteterne for små varigheder fremgår af skemaet, bilag 12, øverst.

Konstanterne i regnformlerne fremgår desuden af skemaet, bilag 20.

Disse regnrækker og regnformler gælder for hele året. Formlerne for $n \leq 5$ anvendes tillige for sommerhalvåret alene.

English Summary

The present paper supplements papers nos. 2 and 6, published by "The Committee of Sewage Disposal". It contains a treatment of available pluviogrammes from rain-gauges in *Gentofte, Odense, Århus, Ålborg, Esbjerg, and Vejle* during the period 1933-1962.

Pluviogrammes from said period are available for the following number of summer half-years: *Gentofte* 30 years, *Odense* 30 years, *Århus* 28 years, *Ålborg* 24 years, *Esbjerg* 14 years, and *Vejle* 13 years.

Furthermore, pluviogrammes are available for the following number of *full* years: *Odense* 17 years, and *Århus* 6 years.

Based upon this material, precipitation formulas have been set up for each location as well as for the country as a whole. The formulas, which are valid for the summer half-years only, are presented in enclosure 10, and are

graphically illustrated in enclosures 13-19. The formulas are presented in the following form :

$$i = c \cdot t_r^{-\alpha}$$

i = intensity of precipitation (l/sec/hectare) and

t_r = duration of storm (minutes or seconds)

c and α are constants, which depend upon the number of annual overloadings (n).

For each location, precipitation formulas are set up for values of n between 1/5 and 5. For the country as a whole, formulas are also given for $n = 1/10$ and $n = 1/20$.

Based upon the *all-year registrations*, it was attempted to set up formulas valid for the full year. However, the material available proved insufficient, and consequently the formulas set up for the summer halfyears (for $n \leq 5$) are to be used for the whole year, until more full-year data become available. Treatment of the material for the purpose of setting up formulas for $n = 10$ and $n = 20$ (which implies all-year registrations) only comprises values from Odense and Århus. Since the values from Århus are not typical for the entire 30 years' period, it is recommended to use the formulas for Odense as regards $n = 10$ and $n = 20$ (see enclosures 11, 14 and 19).

The entire treatment for the country as a whole now comprises a total of 139 summer half-years, distributed on 6 measuring stations, as against the previous 54 observation years. The basic material for setting up precipitation series and formulas has thereby become more reliable. A comparison shows that the differences which existed between the various measuring stations in the past, especially for small values of n , have been reduced.

This seems to indicate that the differences are quite random and justify the setting up of country-wide precipitation series (see enclosure 19). The table of enclosure 12 compares the countrywide precipitation series (upper part of the table) and previously established local precipitation series (lower part of the scheme) for durations of 5 to 40 minutes.

Enclosures 20 and 21 present formulas and diagrammes for storm water storage pond calculations according to a method described in "Ingeniøren" no. 6 of February 11, 1950.

In enclosure 21, the abscissas represent the storage outflow in litres per second per hectare impervious area, and the ordinates the content in litres per hectare impervious area (upper curves) as well as the duration of the storm in seconds (lower curves).

Proposals for precipitation series made by the Committee of Sewage Disposal

The Committee of Sewage Disposal recommends that the country-wide precipitation series be used for *the country as a whole*. A graphical representation is shown in enclosure 19. The corresponding precipitation formulas are found in the lower part of the table, enclosure 10 (for $n \leq 5$) and in the table of enclosure 11 (for $n = 10$ and 20). The intensity of precipitation for small durations is shown in the table of enclosure 12, upper part.

The constants of the precipitation formulas appear in the table of enclosure 20.

These precipitation series and formulas are valid for the whole year. The formulas for $n \leq 5$ are furthermore used for the summer half-year exclusively.

Gentofte 1933-62 (30 sommerhalvår)

	t_r	minutter												timer												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
mm	1/30	11,0	20,9	28,8	35,8	41,1	48,7	53,3	56,0	57,4	59,5	60,9	62,8	95,9	103,7	103,7	103,7	103,8	103,8	103,8	104,2	104,5	104,5	115,7	115,7	141,6
l/sek/ha		367	348	320	298	288	270	254	233	213	198	185	175	133	96	72	48,1	36,0	28,8	24,0	18,1	14,7	12,1	8,9	6,7	4,09
mm	1/10	9,5	15,9	20,8	23,0	24,1	25,1	26,3	26,9	28,8	28,9	28,9	28,9	28,9	29,1	30,8	34,5	37,1	37,6	37,6	39,9	42,9	43,9	49,9	62,8	68,3
l/sek/ha		317	265	231	192	161	139	125	112	107	96	88	80	40,2	27,0	21,4	16,0	12,9	10,4	8,7	6,9	6,0	5,1	3,85	3,63	1,97
mm	1/5	7,6	13,7	14,8	15,4	15,5	15,5	15,8	16,0	16,5	17,2	18,1	19,1	22,8	26,1	27,5	28,8	30,7	34,5	35,6	36,6	39,6	39,9	45,6	45,8	63,4
l/sek/ha		253	228	165	128	103	86	75	67	61	57	55	53	31,7	24,2	19,1	13,3	10,7	9,6	8,2	6,4	5,5	4,62	3,52	2,65	1,84
mm	1/2	5,0	7,3	9,5	10,3	11,0	12,1	12,5	12,7	13,2	13,3	13,6	13,7	16,8	19,1	22,0	23,1	25,4	27,5	29,8	31,0	32,4	34,0	37,4	41,0	52,8
l/sek/ha		167	122	106	86	73	67	60	53	48,9	44,3	41,2	38,0	23,3	17,7	15,3	10,7	8,8	7,6	6,9	5,4	4,50	3,94	2,88	2,37	1,53
mm	1	4,0	5,8	6,6	7,4	8,2	8,3	9,5	9,8	10,0	10,2	10,4	10,5	13,8	16,0	17,2	19,4	21,6	22,9	24,0	25,5	27,6	28,5	31,6	34,9	41,9
l/sek/ha		133	97	73	62	55	46,1	45,3	40,8	37,0	34,0	31,5	29,2	19,2	14,8	11,9	9,0	7,5	6,4	5,6	4,43	3,83	3,30	2,44	2,02	1,21
mm	2	3,2	4,5	5,3	5,8	6,2	6,6	7,0	7,3	7,7	7,8	8,2	8,4	11,0	12,8	14,4	16,2	17,4	18,0	19,3	21,3	22,2	22,9	25,7	26,9	32,6
l/sek/ha		107	75	59	48,3	41,3	36,7	33,3	30,4	28,5	26,0	24,8	23,3	15,3	11,8	10,0	7,5	6,0	5,0	4,47	3,70	3,08	2,65	1,98	1,56	0,94
mm	5	(2,4)	(3,0)	3,4	3,8	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	7,9	9,1	10,0	11,5	12,3	12,9	13,4	13,8	14,4	15,1	16,3	18,0	21,5
l/sek/ha				37,8	31,7	28,0	25,0	22,8	20,8	19,6	18,3	17,6	16,7	11,0	8,4	6,9	5,3	4,27	3,58	3,10	2,39	2,00	1,75	1,26	1,04	0,62

Odense 1933-62 (30 sommerhalvår)

	t_r	minutter												timer												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
mm	1/30	15,1	19,9	23,7	25,3	29,2	30,2	30,8	31,8	32,6	32,9	33,2	33,6	39,6	39,7	40,1	42,5	42,5	42,8	42,9	51,0	65,0	65,0	65,0	65,0	86,5
l/sek/ha		503	332	263	211	195	168	147	133	121	110	101	93	55	36,8	27,8	19,7	14,8	11,9	9,9	8,9	9,0	7,5	5,0	3,76	2,50
mm	1/10	10,0	16,2	18,8	22,4	22,8	23,7	26,2	26,2	26,8	27,5	27,9	28,3	32,3	32,4	33,4	36,4	37,6	37,7	41,8	42,9	42,9	42,9	51,2	55,3	65,0
l/sek/ha		333	270	209	187	152	132	125	109	99	92	85	79	44,8	30,0	23,2	16,9	13,1	10,5	9,7	7,5	6,0	4,97	3,95	3,20	1,88
mm	1/5	7,6	12,9	16,3	17,2	18,5	18,7	19,0	19,4	19,6	20,1	20,3	20,4	26,2	26,8	29,0	34,2	34,2	35,5	38,7	39,9	41,3	41,3	46,2	46,2	52,2
l/sek/ha		253	215	181	143	123	104	90	81	73	67	62	57	36,4	24,8	20,1	15,8	11,9	9,9	9,0	6,9	5,7	4,78	3,57	2,67	1,51
mm	1/2	6,0	8,0	10,2	11,3	12,0	12,2	12,6	13,6	14,2	15,1	16,5	16,6	19,5	21,2	22,0	24,8	26,2	26,6	28,3	29,6	31,0	32,2	36,9	38,3	46,8
l/sek/ha		200	133	113	94	80	68	60	57	53	50	50	46,1	27,1	19,6	15,3	11,5	9,1	7,4	6,6	5,1	4,31	3,73	2,85	2,22	1,33
mm	1	4,9	7,0	8,0	8,8	9,4	10,2	10,4	10,7	10,9	11,3	11,9	12,0	15,4	17,9	18,4	20,7	21,3	22,3	23,0	25,1	26,1	27,7	31,9	34,0	43,7
l/sek/ha		163	117	89	75	63	57	49,5	44,6	40,4	37,7	36,1	33,3	21,4	16,6	12,8	9,6	7,4	6,2	5,3	4,36	3,63	3,21	2,46	1,97	1,26
mm	2	3,6	5,0	5,8	6,5	7,1	7,6	8,0	8,3	8,5	8,7	9,0	9,5	11,4	12,5	13,7	15,9	17,8	18,5	19,6	20,7	22,0	23,1	26,0	27,9	35,2
l/sek/ha		120	83	64	54	47,3	42,2	38,1	34,6	31,5	29,0	27,3	26,4	15,8	11,6	9,5	7,4	6,2	5,1	4,53	3,60	3,06	2,67	2,01	1,62	1,02
mm	5	(2,3)	3,1	3,5	3,9	4,3	4,6	4,8	5,0	5,4	5,6	5,9	6,0	7,8	9,0	10,2	11,5	12,4	12,8	13,3	14,2	15,4	16,2	18,7	20,2	25,0
l/sek/ha			52	38,9	32,5	28,7	25,6	22,9	20,8	20,0	18,7	17,9	16,7	10,8	8,3	7,1	5,3	4,31	3,56	3,08	2,47	2,14	1,88	1,44	1,17	0,72

Århus 1933-54 og 1957-62 (28 sommerhalvår)

	t_r	minuter														timer													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96			
mm	1/28	11,2	18,7	23,9	29,5	32,0	37,5	40,0	43,7	48,0	52,4	57,4	60,0	68,3	69,4	69,6	75,1	80,9	84,0	85,6	86,6	90,0	90,0	95,0	103,7	131,5			
l/sek/ha		373	312	266	246	213	209	191	182	178	175	174	167	95	64	48,3	34,8	28,1	23,3	19,8	15,0	12,5	10,4	7,3	6,0	3,8			
mm	1/10	9,8	17,6	23,2	28,5	30,2	31,8	32,8	33,2	33,5	33,6	33,7	34,1	34,5	38,5	40,7	43,8	46,4	51,0	51,1	52,9	53,2	56,7	66,4	67,4	81,2			
l/sek/ha		327	293	258	237	201	177	156	138	124	112	102	95	47,9	35,7	28,3	20,3	16,1	14,2	11,8	9,2	7,4	6,6	5,1	3,90	2,35			
mm	1/5	8,8	13,2	15,8	18,8	21,2	22,7	24,2	24,8	25,3	25,5	26,7	27,0	33,1	33,8	33,8	35,9	36,8	41,3	42,5	44,6	45,5	46,5	49,7	51,9	65,8			
l/sek/ha		293	220	176	157	141	126	115	103	94	85	81	75	46,0	31,3	23,5	16,6	12,8	11,5	9,8	7,7	6,3	5,4	3,84	3,00	1,91			
mm	1/2	6,7	9,2	10,8	11,9	12,7	14,0	14,5	14,8	15,1	15,4	15,8	16,4	21,0	22,8	25,1	30,0	32,4	32,6	35,1	36,3	37,2	38,0	43,1	45,6	57,1			
l/sek/ha		223	153	120	99	85	78	69	62	56	51	47,8	45,5	29,2	21,1	17,4	13,9	11,3	9,1	8,1	6,3	5,2	4,40	3,33	2,64	1,65			
mm	1	5,0	6,6	8,4	8,8	9,4	10,1	10,1	10,3	10,9	11,2	12,1	12,6	15,6	19,0	21,5	23,3	24,7	26,1	27,0	28,8	31,2	32,4	36,6	38,6	46,9			
l/sek/ha		167	110	93	73	63	56	48,1	42,9	40,3	37,3	36,7	35,0	21,7	17,6	14,9	10,8	8,6	7,3	6,2	5,0	4,33	3,75	2,83	2,23	1,33			
mm	2	3,6	4,8	5,7	6,3	6,8	7,3	7,8	8,2	8,6	8,7	9,0	9,4	12,8	14,0	15,5	17,6	18,5	18,8	19,6	21,3	22,0	23,6	27,4	28,2	36,0			
l/sek/ha		120	80	63	53	45,3	40,6	37,1	34,2	31,9	29,0	27,3	26,1	17,8	13,0	10,8	8,1	6,4	5,2	4,53	3,70	3,05	2,73	2,11	1,63	1,04			
mm	5	(2,4)	3,2	3,8	4,1	4,4	4,9	5,1	5,5	5,6	5,8	6,0	6,3	8,3	9,4	10,3	11,5	12,6	13,3	13,8	14,0	15,4	16,3	17,3	18,3	22,8			
l/sek/ha		53	42,2	34,2	29,3	27,2	24,3	22,9	20,7	19,3	18,2	17,5	11,5	8,7	7,2	5,3	4,38	3,69	3,19	2,43	2,14	1,89	1,34	1,06	0,66				

Ålborg 1939-62 (24 sommerhalvår)

	t_r	minutter												timer												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
mm	1/24	9,6	13,6	15,4	16,9	19,4	19,9	22,1	22,5	23,2	23,5	23,6	23,7	38,5	46,3	50,2	55,0	58,6	60,7	64,5	69,3	85,1	94,8	112,8	112,8	114,8
l/sek/ha		320	227	171	141	129	111	105	94	86	78	72	66	53	42,9	34,9	25,5	20,3	16,9	14,9	12,0	11,8	11,0	8,7	6,5	3,32
mm	1/10	8,6	12,5	14,7	16,2	17,5	18,4	19,1	19,8	20,2	21,3	22,3	23,4	28,4	32,2	34,6	43,6	47,9	54,8	59,5	60,6	61,5	61,5	61,7	61,7	88,5
l/sek/ha		287	208	163	135	117	102	91	83	75	71	68	65	39,5	29,8	24,0	20,2	16,6	15,2	13,8	10,5	8,5	7,1	4,76	3,57	2,56
mm	1/5	7,4	10,7	12,8	13,6	14,2	14,6	15,2	15,7	17,2	18,0	18,4	18,6	25,9	28,8	30,7	33,1	33,5	34,1	34,6	37,4	38,2	40,7	44,3	48,2	65,2
l/sek/ha		247	178	142	113	95	81	72	65	64	60	56	52	36,0	26,7	21,3	15,3	11,6	9,5	8,0	6,5	5,3	4,71	3,42	2,79	1,89
mm	1/2	6,2	8,7	10,0	11,0	11,4	12,4	13,0	13,7	13,7	14,2	15,2	15,7	19,3	20,2	22,8	25,6	27,1	29,0	29,2	32,4	33,2	35,0	38,9	40,0	51,5
l/sek/ha		207	145	111	92	76	69	62	57	51	47,3	46,1	43,6	26,8	18,7	15,8	11,9	9,4	8,1	6,8	5,6	4,61	4,05	3,00	2,31	1,49
mm	1	4,6	6,9	8,0	8,6	9,1	9,7	10,6	11,0	11,3	11,8	12,0	12,4	16,1	18,0	19,3	20,7	23,4	23,8	25,0	26,8	27,9	30,4	34,0	37,1	43,0
l/sek/ha		153	115	89	72	61	54	50	45,8	41,8	39,3	36,4	34,5	22,3	16,7	13,4	9,7	8,1	6,6	5,8	4,65	3,87	3,52	2,62	2,15	1,24
mm	2	3,6	4,9	5,9	6,7	7,4	7,7	8,1	8,6	9,0	9,4	9,6	9,8	12,3	13,7	15,4	17,4	17,9	19,4	20,4	21,8	23,0	24,2	26,5	28,2	37,0
l/sek/ha		120	82	66	56	49,3	42,8	38,5	35,8	33,3	31,3	29,1	27,2	17,1	12,7	10,7	8,1	6,2	5,4	4,72	3,79	3,19	2,80	2,04	1,63	1,07
mm	5	(2,3)	3,1	3,7	4,2	4,6	5,0	5,2	5,4	5,7	6,0	6,2	6,3	8,2	9,5	10,5	11,7	12,7	13,5	13,9	14,4	15,3	15,7	18,0	19,6	24,5
l/sek/ha		77	52	41,1	35,0	30,7	27,8	24,7	22,5	21,1	20,0	18,8	17,5	11,4	8,8	7,3	5,4	4,44	3,75	3,22	2,50	2,13	1,82	1,39	1,13	0,71

Esbjerg 1934-36, 1939, 1952-59 og 1961-62 (14 sommerhalvår)

	t_r	minutter														timer													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96			
mm	1/14	12,9	15,7	17,0	18,0	18,9	19,1	20,1	21,3	21,7	22,1	22,4	22,6	38,9	42,3	42,4	42,7	58,2	58,2	58,2	58,2	58,4	58,4	68,3	70,0	88,0			
l/sek/ha		430	262	189	150	126	106	96	89	80	74	68	63	54	39,2	29,4	19,8	20,2	16,2	13,5	10,1	8,1	6,8	5,3	4,05	2,55			
mm	1/10	11,2	15,4	17,0	18,0	18,8	19,0	20,0	20,8	21,1	21,4	21,6	21,8	32,9	40,2	41,4	42,0	51,3	51,3	51,3	51,6	52,4	52,4	65,0	67,2	84,1			
l/sek/ha		374	257	189	150	125	105	95	87	78	71	65	61	45,7	37,2	28,7	19,5	17,8	14,3	11,9	9,0	7,3	6,1	5,0	3,89	2,43			
mm	1/5	8,2	12,0	13,7	14,8	15,9	18,0	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,4	22,3	28,2	29,0	31,4	35,2	35,6	39,4	41,4	43,0	43,3	57,6	60,6	72,4			
l/sek/ha		273	200	151	123	106	100	91	80	72	64	59	54	31,0	26,1	20,2	14,5	12,2	9,9	9,1	7,2	6,0	5,0	4,45	3,51	2,09			
mm	1/2	6,0	8,2	9,3	10,7	11,9	12,3	12,6	13,1	13,7	14,1	14,9	15,4	19,4	21,0	22,8	25,0	26,1	27,5	27,5	29,1	31,5	32,7	42,7	44,7	55,0			
l/sek/ha		200	137	103	89	79	68	60	55	51	47,0	45,2	42,8	26,9	19,4	15,8	11,6	9,1	7,6	6,4	5,1	4,38	3,79	3,29	2,59	1,59			
mm	1	5,0	6,6	7,9	8,9	10,0	10,3	10,8	11,5	11,8	12,0	12,2	12,3	15,3	17,3	18,8	20,0	20,6	22,2	23,0	24,8	26,8	27,5	31,0	34,9	49,9			
l/sek/ha		167	110	88	74	67	57	51	48,0	43,7	40,0	37,0	34,2	21,3	16,0	13,1	9,3	7,2	6,2	5,3	4,30	3,72	3,18	2,39	2,02	1,44			
mm	2	3,9	5,2	5,9	6,3	7,2	8,1	8,6	9,0	9,3	9,4	10,1	10,3	13,0	14,8	16,5	18,1	18,8	19,6	20,4	21,0	23,2	23,7	26,7	29,8	36,5			
l/sek/ha		130	87	66	53	48,0	45,0	40,9	37,5	34,4	31,3	30,5	28,7	18,1	13,7	11,5	8,4	6,5	5,4	4,72	3,65	3,22	2,74	2,06	1,72	1,06			
mm	5	2,6	3,4	3,9	4,4	4,7	5,1	5,5	5,9	6,1	6,2	6,6	6,9	9,1	10,2	11,0	12,7	13,7	14,4	15,2	16,3	17,0	17,7	20,0	22,4	27,2			
l/sek/ha		87	57	43,3	36,7	31,3	28,3	26,2	24,6	22,6	20,7	20,0	19,2	12,6	9,4	7,6	5,9	4,75	4,00	3,52	2,83	2,36	2,05	1,54	1,30	0,79			

Vejle 1937-40, 1943-45, 1947, 1957-60 og 1962 (13 sommerhalvår)

	t_r	minutter															timer														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96					
mm l/sek/ha	1/13	7,1 237	12,6 210	13,8 153	14,3 119	16,6 111	18,3 102	19,6 93	20,1 84	20,5 76	20,5 68	20,5 62	20,5 57	21,0 29,2	27,0 25,0	31,8 22,1	37,2 17,2	40,8 14,2	44,5 12,4	47,2 10,9	47,6 8,3	47,6 6,6	47,6 5,5	47,6 3,68	47,6 3,29	47,6 1,93					
mm l/sek/ha	1/10	7,0 233	11,9 198	13,5 150	14,2 118	15,8 105	17,3 96	18,4 88	18,8 78	19,2 71	19,5 65	19,6 59	19,9 55	20,9 29,1	26,2 24,3	29,9 20,8	34,8 16,1	37,8 13,1	40,7 11,3	43,8 10,2	46,1 8,0	46,2 6,4	46,8 5,4	46,8 3,65	47,2 3,26	46,4 1,89					
mm l/sek/ha	1/5	6,2 207	9,9 165	11,4 127	12,7 106	13,9 93	14,2 79	14,6 70	14,8 62	15,3 57	15,9 53	16,5 50	17,2 47,8	20,2 28,1	23,2 21,5	23,8 16,5	28,2 13,1	30,5 10,6	31,5 8,8	33,4 7,7	37,8 6,6	39,8 5,5	41,7 4,83	45,1 3,48	51,6 2,98	61,1 1,77					
mm l/sek/ha	1/2	4,7 157	7,4 123	8,7 97	9,5 98	10,4 69	11,1 62	11,7 56	11,9 49,6	12,3 45,6	12,5 41,6	12,9 39,1	13,2 36,7	15,8 22,0	18,5 17,1	20,1 14,0	22,9 10,6	26,9 9,3	27,8 7,7	29,0 6,7	30,9 5,4	32,2 4,47	33,2 3,85	35,2 2,72	41,6 2,41	51,3 1,49					
mm l/sek/ha	1	4,3 143	5,9 98	6,8 76	7,8 65	8,5 57	9,2 51	9,9 47,2	10,5 43,7	10,6 39,3	10,9 36,3	11,5 34,8	11,6 32,3	14,1 19,6	15,7 14,5	17,2 12,0	20,0 9,3	20,3 7,1	20,9 5,8	22,9 5,3	24,6 4,28	25,3 3,52	29,1 3,37	32,5 2,51	34,9 2,02	45,7 1,32					
mm l/sek/ha	2	3,2 107	4,7 77	5,7 63	6,3 53	6,7 44,7	7,2 40,0	7,9 37,6	8,0 33,3	8,3 30,7	9,3 31,0	9,5 28,8	9,8 27,2	11,1 15,4	12,3 11,4	13,9 9,7	15,6 7,2	16,9 5,9	17,9 5,0	18,3 4,24	19,7 3,43	20,3 2,82	23,3 2,58	25,7 1,98	28,1 1,63	36,0 1,04					
mm l/sek/ha	5	(2,4)	(3,0)	(3,4)	(3,8)	4,1	4,4	4,7	5,1	5,4	5,4	5,6	5,8	7,9	8,7	9,7	10,9	(11,5)	12,0	12,5	13,9	14,5	16,1	17,3	19,5	23,6					
						27,3	24,4	22,4	21,2	20,0	18,0	17,0	16,1	3,33	2,90	2,41	2,02	1,86	1,34	1,13	0,68										

Gentofte, Odense, Århus, Ålborg, Esbjerg og Vejle. I alt 139 sommerhalvår

	tr	minutter																		timer																	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96											
mm	1/139	15,1	20,9	28,8	35,8	43,1	48,7	53,3	56,0	57,4	59,5	60,9	62,8	95,9	103,7	103,7	103,7	103,8	103,8	103,8	104,2	104,5	104,5	115,7	115,7	141,6											
l/sek/ha		503	349	320	299	288	271	253	233	213	198	185	175	133	96	72	48,0	36,1	28,9	24,0	18,1	14,5	12,1	8,9	6,7	4,09											
mm	1/100	14,2	20,5	26,9	33,3	38,8	44,3	48,1	51,2	53,7	56,7	59,5	61,7	85,1	90,3	90,4	92,5	94,9	96,1	96,7	97,3	98,8	100,7	114,6	137,7												
l/sek/ha		473	342	299	278	259	246	229	213	199	189	180	171	118	84	63	42,8	33,0	26,7	22,4	16,9	13,7	11,7	8,8	6,6	3,98											
mm	1/50	11,6	19,0	23,8	29,2	31,0	33,1	34,5	35,6	37,0	38,2	40,1	40,9	45,9	54,3	62,9	71,3	74,1	75,3	75,9	76,3	86,2	91,1	98,9	105,7	118,5											
l/sek/ha		387	317	264	243	207	184	164	148	137	127	122	114	64	50	43,7	33,0	25,7	20,9	17,6	13,2	12,0	10,5	7,6	6,1	3,43											
mm	1/20	10,1	17,4	21,6	25,2	26,5	27,8	28,4	28,8	28,9	29,9	30,7	30,9	34,4	37,1	40,0	42,5	43,6	52,2	57,6	58,3	60,8	60,8	64,5	65,0	86,5											
l/sek/ha		337	290	240	210	177	154	135	120	107	100	93	86	47,8	34,4	27,8	19,8	15,1	14,5	13,3	10,1	8,4	7,0	4,98	3,76	2,51											
mm	1/10	9,2	14,0	17,0	18,9	22,1	22,6	23,2	24,2	24,8	25,2	25,6	25,9	30,9	32,4	33,5	36,7	38,8	41,2	42,4	44,2	45,4	47,6	53,2	60,6	71,1											
l/sek/ha		307	233	189	158	147	126	110	101	92	84	78	72	42,9	30,0	23,3	17,0	13,5	11,4	9,8	7,7	6,3	5,5	4,10	3,51	2,06											
mm	1/5	7,6	11,6	13,8	15,4	16,0	16,7	17,3	17,7	18,3	19,2	19,3	20,1	23,6	26,8	29,0	33,1	34,5	35,5	37,0	37,9	40,0	41,4	45,8	49,4	63,4											
l/sek/ha		253	193	153	128	107	93	82	74	68	64	58	56	32,8	24,8	20,1	15,3	12,0	9,9	8,6	6,6	5,6	4,79	3,53	2,86	1,83											
mm	1/2	6,0	8,2	9,6	10,9	11,5	12,2	12,7	13,1	13,7	14,1	14,8	15,3	18,8	20,3	22,7	25,1	27,2	28,5	29,7	32,0	33,2	34,4	38,3	41,5	51,2											
l/sek/ha		200	137	107	91	77	68	60	55	51	47,0	44,8	42,5	26,1	18,8	15,8	11,6	9,4	7,9	6,9	5,6	4,61	3,98	2,96	2,40	1,48											
mm	1	4,5	6,5	7,7	8,4	9,0	9,4	10,2	10,5	10,7	11,2	11,5	12,0	14,8	17,2	18,8	20,4	22,3	23,0	24,2	25,7	27,0	29,0	32,4	35,4	44,0											
l/sek/ha		150	108	86	70	60	52	48,6	43,8	39,6	37,3	34,8	33,3	20,6	15,9	13,1	9,4	7,7	6,4	5,6	4,46	3,75	3,36	2,50	2,05	1,27											
mm	2	3,5	4,8	5,7	6,3	6,9	7,4	7,8	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	11,9	13,3	14,8	16,8	17,9	18,7	19,6	21,1	22,2	23,4	26,4	28,0	35,3											
l/sek/ha		117	80	63	53	46,0	41,1	37,1	34,2	31,5	29,3	27,6	26,1	16,5	12,3	10,3	7,8	6,2	5,2	4,54	3,66	3,08	2,71	2,04	1,62	1,02											
mm	5	2,4	3,2	3,6	4,0	4,4	4,7	5,0	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2	8,1	9,3	10,3	11,6	12,6	13,1	13,6	14,3	15,2	16,0	17,8	19,4	23,8											
l/sek/ha		80	53	40,0	33,3	29,3	26,1	23,8	22,1	20,4	19,0	18,2	17,2	11,3	8,6	7,2	5,4	4,38	3,64	3,15	2,48	2,11	1,85	1,37	1,12	0,69											

Odense 1936-41 og 1952-62 (17 hele år)

	tr	minutter												timer												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
mm	1/2	6,5	8,0	10,6	12,5	14,3	15,3	16,0	16,5	16,6	16,7	16,8	16,8	19,2	19,7	20,8	21,9	24,8	25,0	25,6	27,2	28,9	29,4	33,2	36,8	46,2
l/sek/ha		21,7	13,3	11,8	10,4	9,5	8,5	7,6	6,9	6,1	5,6	5,1	4,6,7	26,7	18,2	14,4	10,1	8,6	6,9	5,9	4,72	4,01	3,40	2,56	2,13	1,34
mm	1	4,8	6,9	8,0	8,3	8,7	9,4	9,5	9,8	9,8	11,0	11,1	11,4	14,1	16,8	17,9	19,3	20,3	21,2	22,0	23,0	24,9	26,7	28,8	32,3	40,2
l/sek/ha		16,0	11,5	8,9	6,9	5,8	5,2	4,5,3	4,0,9	3,6,3	3,6,7	3,3,6	3,1,7	19,6	15,6	12,4	8,9	7,0	5,9	5,1	3,99	3,46	3,09	2,22	1,87	1,16
mm	2	3,4	4,6	5,5	6,2	6,8	7,3	7,7	8,0	8,0	8,3	8,6	8,9	10,8	12,0	12,9	15,4	17,2	18,4	19,2	20,3	21,9	22,8	24,8	27,3	34,2
l/sek/ha		11,3	7,7	6,1	5,2	4,5,3	4,0,6	3,6,7	3,3,4	2,9,6	2,7,7	2,6,1	2,4,7	15,0	11,1	9,0	7,1	6,0	5,1	4,44	3,52	3,04	2,64	1,91	1,58	0,99
mm	5	2,2	3,0	3,4	3,7	4,2	4,4	4,7	5,0	5,3	5,4	5,7	6,0	7,8	8,8	10,2	11,8	12,7	13,2	14,0	14,8	16,1	16,9	19,2	20,7	25,4
l/sek/ha		7,3	5,0	3,7,8	3,0,8	2,8,0	2,4,4	2,2,4	2,0,8	1,9,6	1,8,0	1,7,3	1,6,7	10,8	8,2	7,1	5,5	4,41	3,67	3,24	2,57	2,23	1,96	1,48	1,20	0,73
mm	10	1,4	2,0	2,3	2,6	2,9	3,1	3,4	3,5	3,8	3,9	4,2	4,4	5,8	7,0	7,8	8,9	9,7	10,1	10,6	11,2	11,8	12,3	14,0	15,0	19,3
l/sek/ha		4,6,7	3,3,3	2,5,6	2,1,7	1,9,3	1,7,2	1,6,2	1,4,6	1,4,1	1,3,0	1,2,7	1,2,2	8,1	6,5	5,4	4,12	3,37	2,81	2,45	1,94	1,64	1,42	1,08	0,87	0,56
mm	15	1,1	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	4,8	5,7	6,5	7,4	8,0	8,4	8,7	9,3	9,7	10,2	11,3	12,0	13,9
l/sek/ha		3,6,7	2,6,7	2,1,1	1,7,5	1,6,0	1,4,5	1,3,3	1,2,1	1,1,5	1,0,7	1,0,0	9,7	6,7	5,3	4,52	3,43	2,78	2,33	2,01	1,62	1,35	1,18	0,87	0,69	0,402
mm	20	0,9	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	4,2	4,9	5,5	6,3	6,8	7,1	7,4	7,8	8,1	8,3	8,9	-	-
l/sek/ha		3,0,0	2,1,7	1,7,8	1,5,0	1,3,3	1,2,2	1,1,0	1,0,4	1,0,0	9,3	8,8	8,3	5,8	4,54	3,82	2,92	2,36	1,97	1,71	1,35	1,13	0,96	0,69	-	-

Århus 1957-62 (6 hele år)

	tr	minutter												timer												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	36	48	96
mm	1/2	7,5	8,1	9,0	9,0	9,3	9,8	9,9	10,3	10,4	10,4	11,5	12,0	15,1	19,1	23,4	24,2	24,2	26,9	30,9	33,4	33,9	33,9	34,4	38,9	50,9
l/sek/ha		250	135	100	75	62	54	47,2	42,9	38,5	34,7	34,8	33,3	21,0	17,7	16,3	11,2	8,4	7,5	7,2	5,8	4,71	3,92	2,65	2,25	
mm	1	3,7	4,8	5,9	6,7	7,2	7,9	8,4	9,0	9,3	9,5	9,9	10,4	13,0	16,1	18,3	18,6	19,7	21,4	22,5	23,4	24,2	27,7	31,6	35,6	40,7
l/sek/ha		123	80	66	56	48,0	43,9	40,0	37,5	34,5	31,7	30,0	28,9	18,1	14,9	12,7	8,6	6,8	5,9	5,2	4,07	3,36	3,21	2,44	2,06	
mm	2	3,1	4,2	4,9	5,3	5,6	5,9	6,1	6,4	6,6	7,1	7,2	8,0	10,3	12,2	12,8	15,8	17,0	17,7	17,8	18,6	19,0	19,3	21,9	24,4	28,7
l/sek/ha		103	70	54	44,2	37,3	32,8	29,1	26,7	24,5	23,7	21,8	22,2	14,3	11,3	8,9	7,3	5,9	4,92	4,12	3,23	2,64	2,23	1,69	1,41	0,83
mm	5	2,0	2,7	3,1	3,7	3,9	4,1	4,4	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	7,7	8,8	9,5	11,1	11,5	12,0	12,7	13,8	14,3	14,9	16,6	18,0	22,9
l/sek/ha		67	45,0	34,4	30,8	26,0	22,8	21,0	19,6	18,5	17,3	16,4	15,6	10,7	8,2	6,6	5,1	3,99	3,33	2,94	2,40	1,99	1,72	1,28	1,04	0,66
mm	10	1,4	1,8	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9	4,0	4,2	5,2	6,4	7,1	8,0	8,5	9,2	9,4	10,2	10,8	11,0	13,3	13,9	16,6
l/sek/ha		46,7	30,0	24,4	20,0	18,0	16,7	15,7	15,0	14,1	13,0	12,1	11,7	7,2	5,9	4,93	3,71	2,95	2,56	2,18	1,77	1,50	1,27	1,03	0,80	0,480
mm	15	1,0	1,5	1,8	2,1	2,2	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	4,4	5,1	5,6	6,6	6,9	7,4	7,8	8,5	8,8	9,1	10,1	11,0	12,6
l/sek/ha		33,3	25,0	20,0	17,5	14,7	13,9	12,9	11,7	10,7	10,0	9,7	9,2	6,1	4,73	3,89	3,06	2,40	2,06	1,81	1,48	1,22	1,05	0,78	0,64	0,365
mm	20	0,8	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,7	3,6	4,2	4,6	5,3	5,6	6,2	6,4	7,0	7,2	-	-	-	-
l/sek/ha		26,7	20,0	16,7	14,2	12,7	11,1	10,5	9,6	9,3	8,7	8,2	7,5	5,0	3,89	3,19	2,45	1,94	1,72	1,48	1,22	1,00	-	-	-	-

Bilag 10

Regnformler for sommerhalvåret

$$i = c_m \cdot t_r^{-\alpha} \quad (t_r \text{ i minutter, } i \text{ i l/sek./ha)}$$

$$i = c_s \cdot t_r^{-\alpha} \quad (t_r \text{ i sekunder, } i \text{ i l/sek./ha)}$$

Målested	n	c_m	c_s	α	Gyldighedsområde t_r
Gentofte	1/5	1130	24360	0,75	20 min. – 4 døgn
	1/2	750	14300	0,72	
	1	510	8600	0,69	15 min. – 4 døgn
	2	325	4470	0,64	
	2	620	13370	0,75	10 min. – 6 timer
	5	200	2430	0,61	6 timer – 4 døgn
	5	480	11230	0,77	15 min. – 4 timer
Odense	1/5	1520	38600	0,79	15 min. – 4 døgn
	1/2	910	19620	0,75	
	1	670	13310	0,73	
	2	470	8600	0,71	
	5	208	2630	0,62	10 min. – 4 timer
	5	360	6860	0,72	4 timer – 4 døgn
Århus	1/5	1880	49740	0,80	15 min. – 4 døgn
	1/2	880	16780	0,72	
	1	610	10720	0,70	5 min. – 2 timer
	2	327	3950	0,61	
	2	610	12620	0,74	2 timer – 4 døgn
	5	228	3010	0,63	10 min. – 4 timer
	5	465	10440	0,76	4 timer – 4 døgn
Ålborg	1/5	1080	22350	0,74	15 min. – 4 døgn
	1/2	830	16490	0,73	
	1	620	11350	0,71	15 min. – 3 timer
	2	417	6450	0,67	
	2	570	11320	0,73	3 timer – 4 døgn
	5	231	3030	0,63	15 min. – 4 timer
	5	445	9590	0,75	4 timer – 4 døgn
Esbjerg	1/2	780	14870	0,72	15 min. – 4 døgn
	1	680	13510	0,73	
	2	365	4750	0,63	10 min. – 3 timer
	2	670	14440	0,75	3 timer – 4 døgn
	5	228	2770	0,61	5 min. – 2½ time
	5	395	7530	0,72	2½ time – 4 døgn
Vejle	1/2	680	12450	0,71	15 min. – 4 døgn
	1	570	10430	0,71	
	2	460	8420	0,71	
	5	176	1890	0,58	25 min. – 2 timer
	5	345	6580	0,72	2 timer – 4 døgn
Hele landet	1/20	2190	55600	0,79	20 min. – 4 døgn
	1/10	1810	45960	0,79	
	1/5	1250	28070	0,76	15 min. – 4 døgn
	1/2	820	16290	0,73	
	1	600	10980	0,71	
	2	370	5300	0,65	10 min. – 3 timer
	2	560	11120	0,73	3 timer – 4 døgn
	5	216	2730	0,62	5 min. – 4 timer
	5	440	9490	0,75	4 timer – 4 døgn

Bilag 11

Regnformler for hele året

$$i = c_m \cdot t_r^{-\alpha} \quad (t_r \text{ i minutter, } i \text{ i l/sek/ha})$$

$$i = c_s \cdot t_r^{-\alpha} \quad (t_r \text{ i sekunder, } i \text{ i l/sek/ha})$$

(Odense, registrering i perioderne 1936-41 og 1952-62)

Målested	n	c_m	c_s	α	Gyldighedsområde t_r
Odense	1/5	1910	57130	0,83	15 min. – 4 døgn
	1/2	1210	32010	0,80	
	1	630	12510	0,73	
	2	430	7550	0,70	
	5	200	2430	0,61	5 min. – 4 timer
	5	365	6960	0,72	4 timer – 4 døgn
	10	116	1150	0,56	5 min. – 4 timer
	10	295	5860	0,73	4 timer – 4 døgn
	20	73	640	0,53	5 min. – 4 timer
	20	305	7750	0,79	4 timer – 24 timer

Bilag 12

Landsregnrækker sammenlignet med tidligere opstillede regnrækker

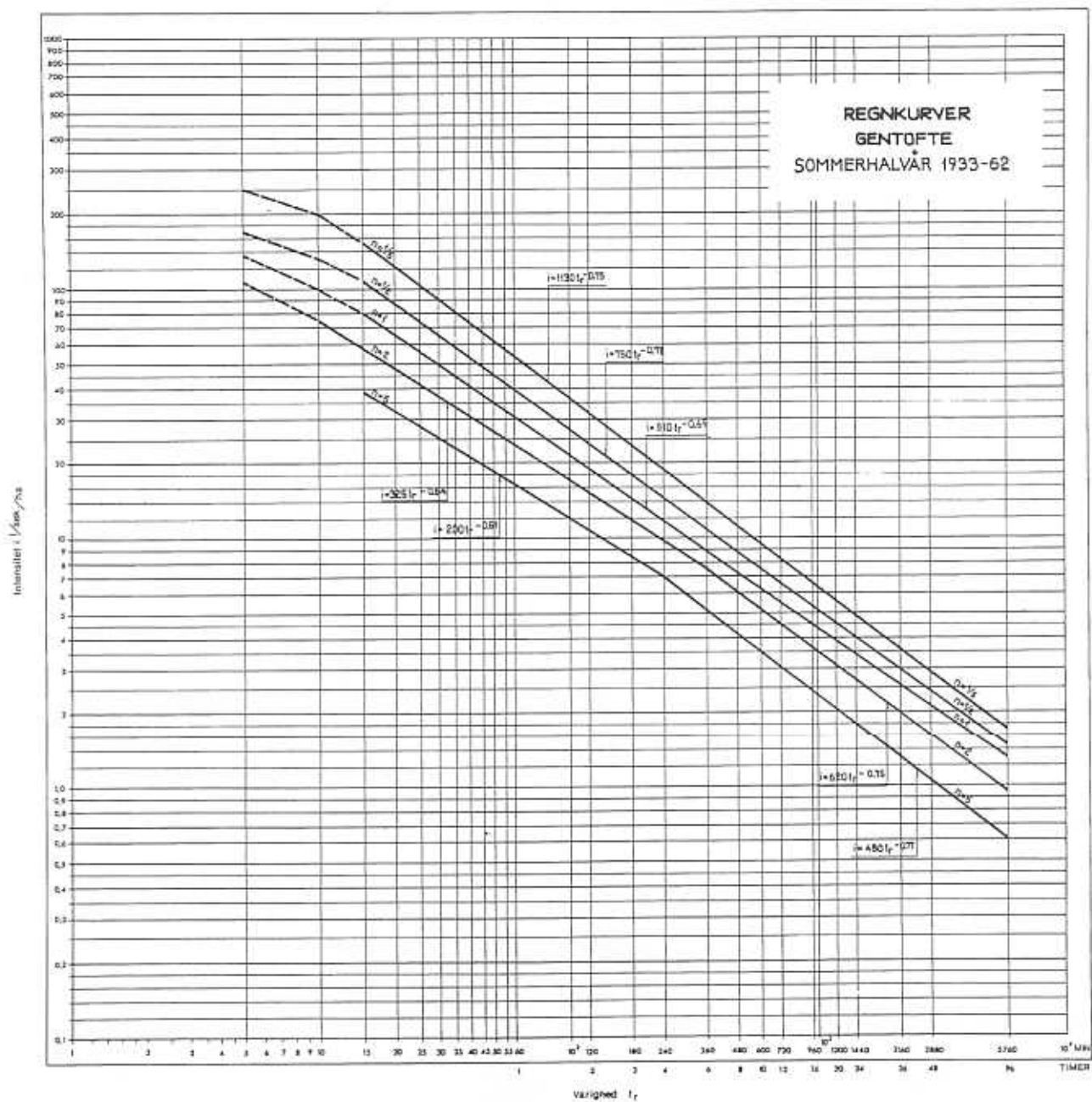
Regnintensiteter, angivet i l/sek/ha

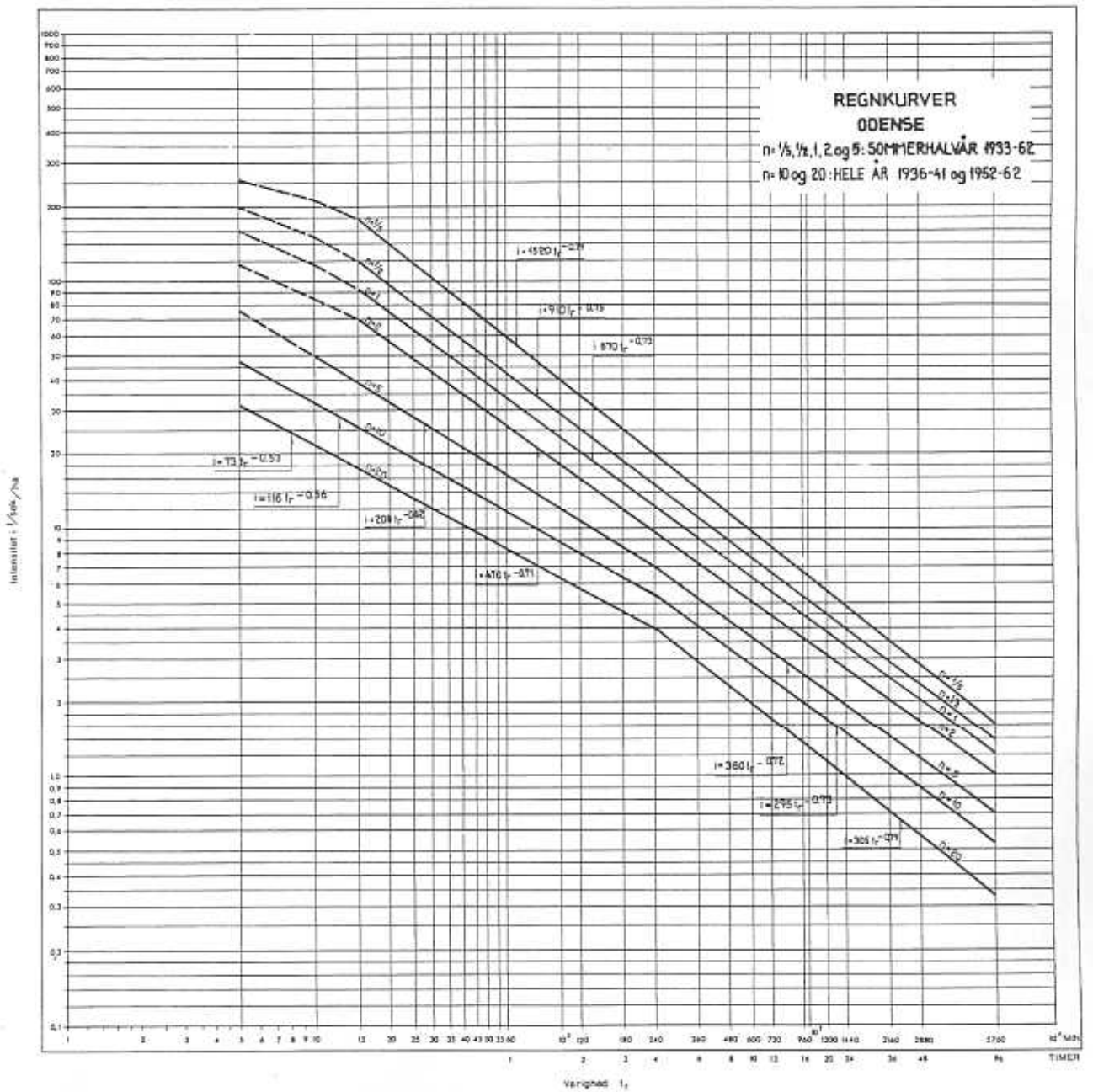
Grundmateriale	n	Varighed t_r , minutter								
		5	10	15	20	25	30	35	40	
Observationer og regnformler for perioden 1933-62	$\frac{1}{20}$	350	280	240	205	172	149	132	119	
	$\frac{1}{10}$	310	230	190	170	142	123	109	98	
	$\frac{1}{5}$	260	190	160	128	108	94	84	76	
	$\frac{1}{2}$	200	140	114	92	78	68	61	56	
	1	150	110	88	72	61	54	48,1	43,7	
	2	110	83	64	53	45,7	40,6	36,7	33,6	
Observationer og regnformler for perioden 1933-47	5	80	52	40,3	33,7	29,4	26,2	23,8	21,9	
	Gentofte-Odense	$\frac{1}{2}$	180	130	104	84	72	63	56	51
	Århus	$\frac{1}{2}$	230	165	132	107	91	79	71	64
	Ålborg	$\frac{1}{2}$	205	145	118	95	81	71	63	58
	Gentofte-Odense	1	155	110	90	73	62	54	48,5	44,0
	Århus-Ålborg	1	180	130	104	84	72	63	56	51
	Hele landet	2	130	95	76	62	52	45,9	41,0	37,2
Hele landet	5	—	—	45,1	36,8	31,5	27,7	24,9	22,7	

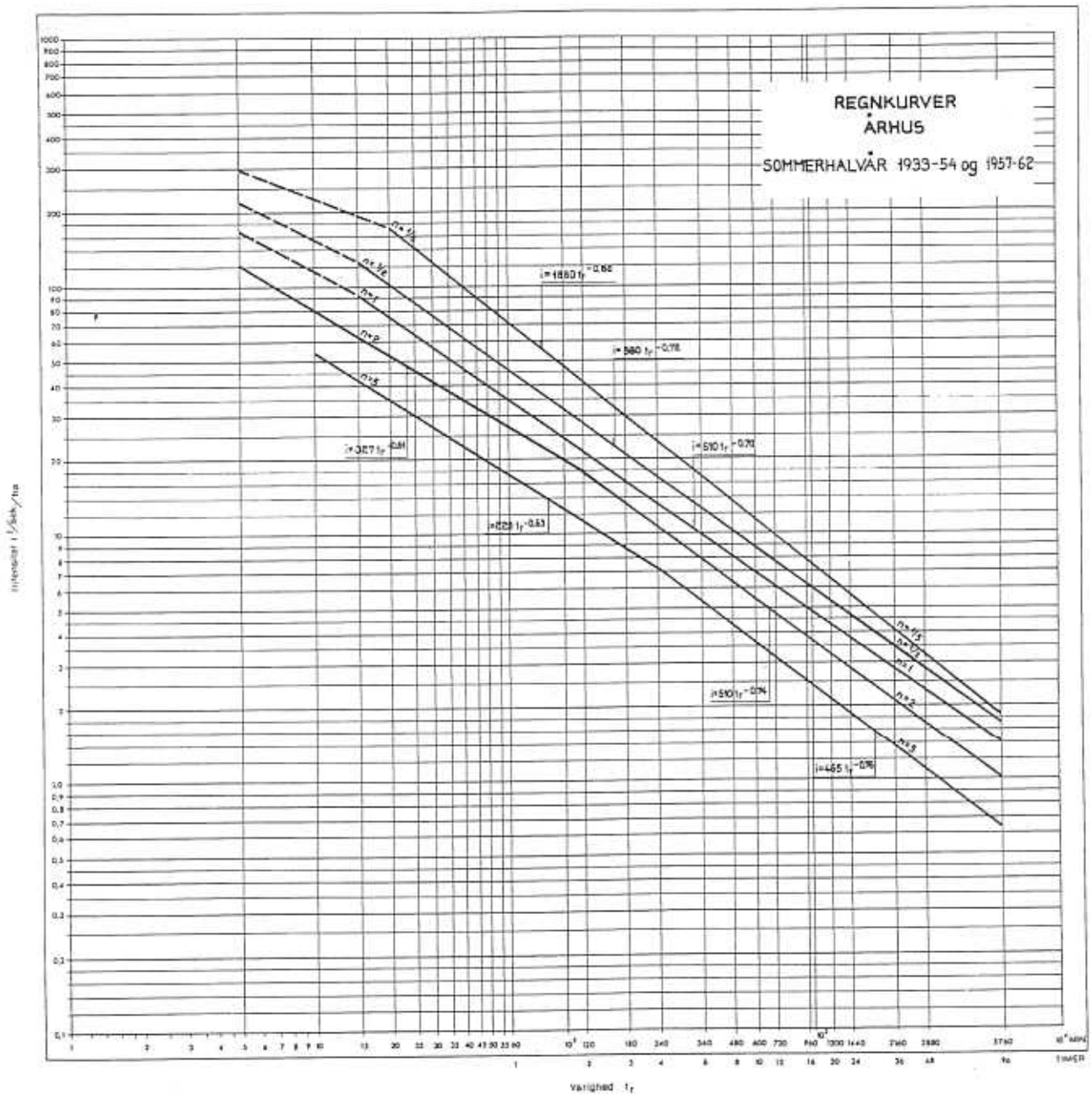
Regnintensiteterne til højre for den tykke streg er beregnet på grundlag af regnformlerne.

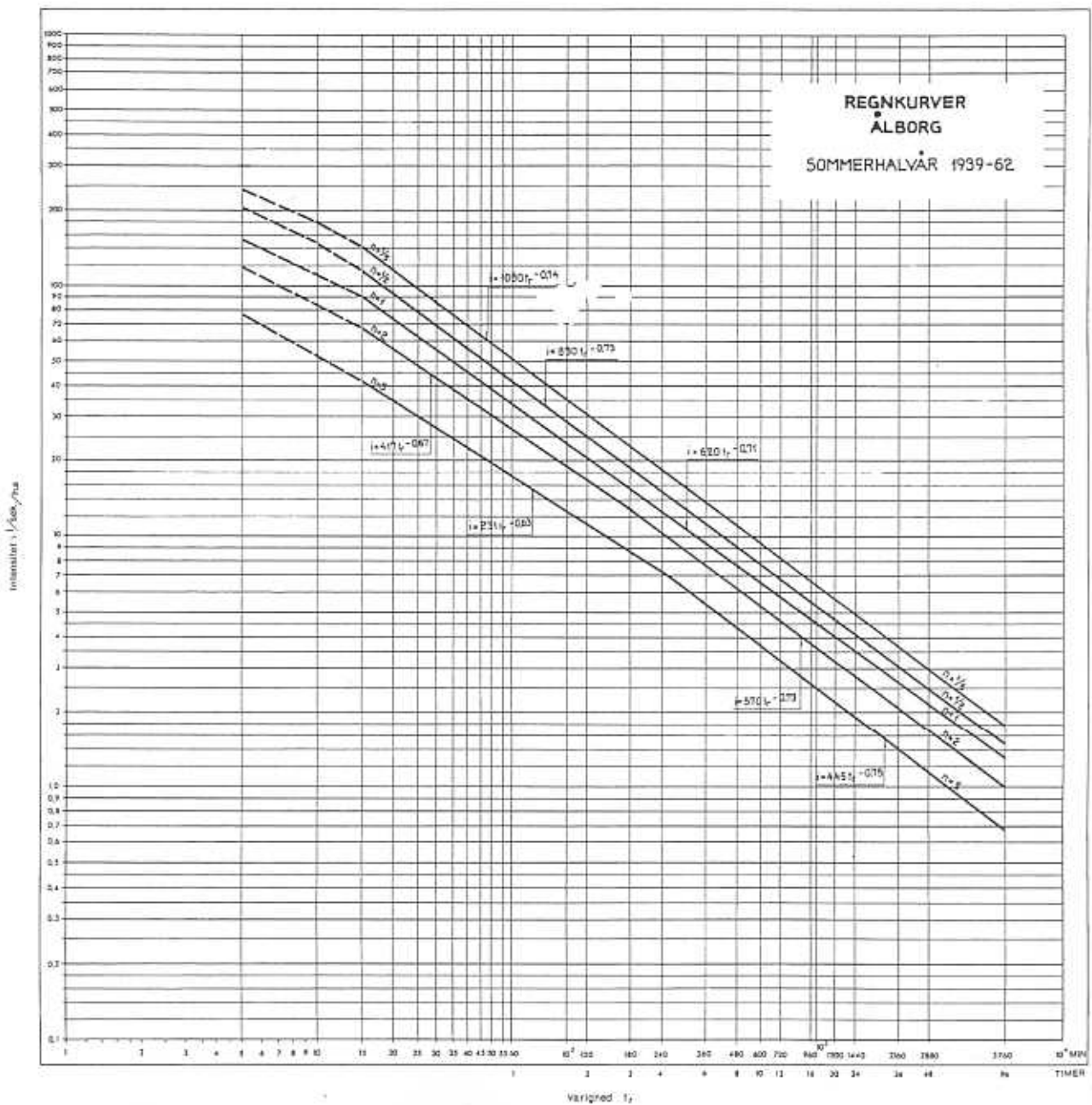
Regnintensiteterne til venstre for den tykke streg er fastsat på grundlag af observationerne.

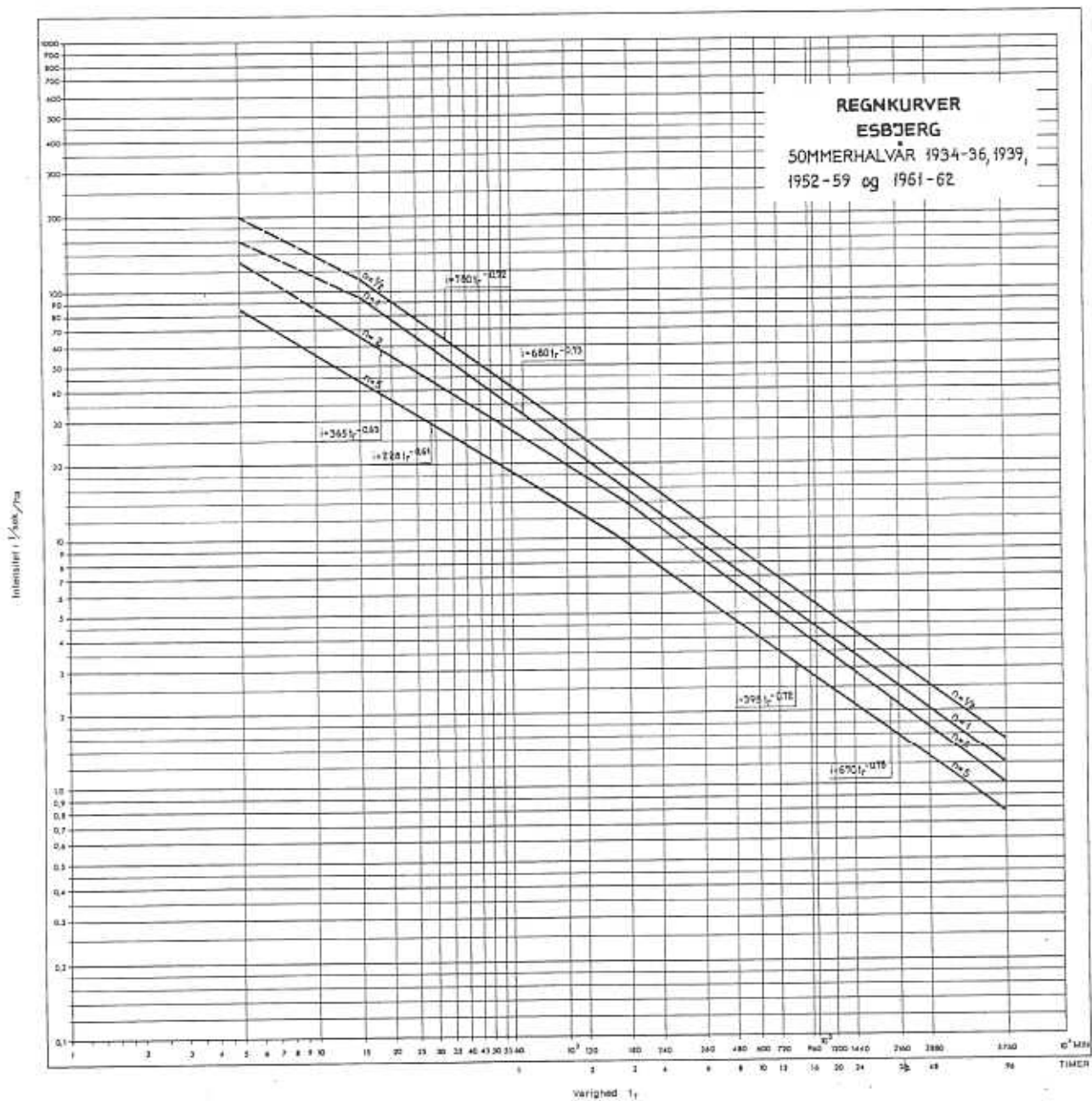
Regnintensiteterne i den nederste del af skemaet er taget fra tabel 9 i Spildevandskomitéens skrift nr. 2.

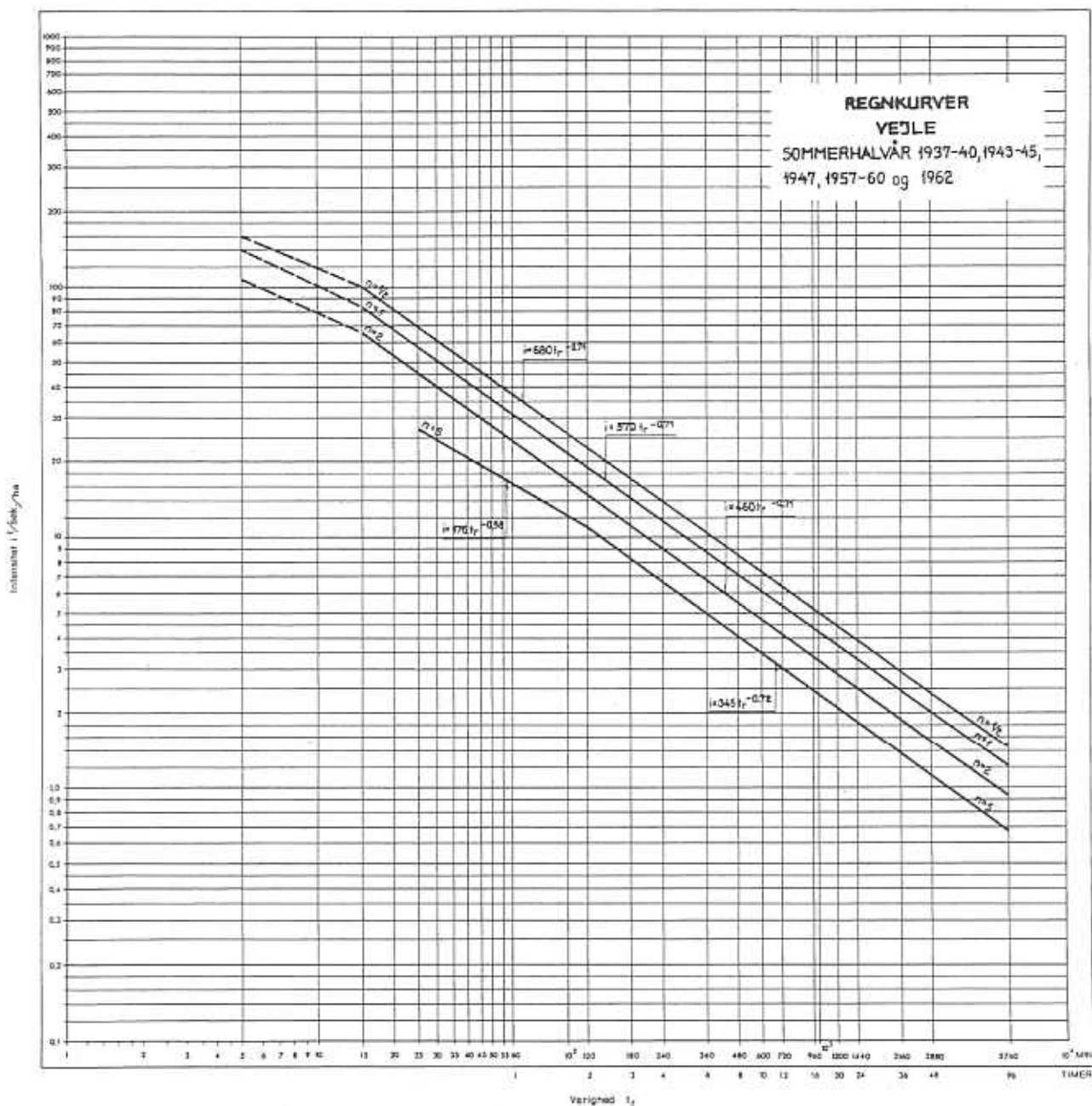












Regnintensitet $i = c_m \cdot t_r^{-\alpha}$ (t_r i minutter, i i l/sek/ha)

Regnintensitet $i = c_s \cdot t_r^{-\alpha}$ (t_r i sekunder, i i l/sek/ha).

Regnbassiner $\left\{ \begin{array}{l} \text{Regnvarighed } t_r' = H \cdot a^{-1/\alpha} \text{ sek. (} a \text{ er bassinafløbet i l/sek/red. ha)} \\ \text{Bassinrumfang } \frac{Q'}{\varphi \cdot F} = K \cdot a^{-\frac{1-\alpha}{\alpha}} \text{ l/red. ha} \end{array} \right.$

Antal overbelastninger pr. år n	Gyldighedsområde	c_m	c_s	α	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{1-\alpha}{\alpha}$	$H = c^{\frac{1}{\alpha}} \cdot (1-\alpha)^{\frac{1}{\alpha}}$	$K = H \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}$
$\frac{1}{20}$	20 min. – 4 døgn	2190	55600	0,79	1,27	0,27	141.000	530.000
$\frac{1}{10}$	20 min. – 4 døgn	1810	45960	0,79	1,27	0,27	110.800	417.000
$\frac{1}{5}$	15 min. – 4 døgn	1250	28070	0,76	1,32	0,32	109.200	346.000
$\frac{1}{2}$	15 min. – 4 døgn	820	16290	0,73*	1,37*	0,37*	98.000	265.000
1	15 min. – 4 døgn	600	10980	0,71	1,41	0,41	85.500	209.000
2	10 min. – 3 timer	370	5300	0,65	1,54	0,54	106.300	197.500
2	3 timer – 4 døgn	560	11120	0,73	1,37	0,37	58.100	157.000
5	5 min. – 4 timer	216	2730	0,62	1,61	0,61	73.200	119.500
5	4 timer – 4 døgn	440	9490	0,75	1,33	0,33	31.600	94.700
10	5 min. – 4 timer	116	1150	0,56	1,79	0,79	67.600	86.000
10	4 timer – 4 døgn	295	5860	0,73	1,37	0,37	24.200	65.300
20	5 min. – 4 timer	73	640	0,53	1,89	0,89	47.500	53.500
20	4 timer – 4 døgn	305	7750	0,79	1,27	0,27	11.600	43.800

Konstanterne for $n \leq 5$ er baseret på landsregnformlerne.

Konstanterne for $n = 10$ og 20 er baseret på Odense-formlerne.

