

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik



I samarbete med VA-VERKET GÖTEBORG

INTENSITETS- VARAKTIGHETSKURVOR

FÖR HÄFTIGA REGN I GÖTEBORG

UNDER 45-ÅRSPERIODEN 1926-1971

VIKTOR ARNELL

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik



I samarbete med **VA-VERKET GÖTEBORG**

INTENSITETS- VARAKTIGHETSKURVOR

FÖR HÄFTIGA REGN I GÖTEBORG

UNDER 45-ÅRSPERIODEN 1926-1971

VIKTOR ARNELL

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för vattenbyggnad

Fack

402 20 GÖTEBORG 5

Meddelande nr 74

Viktor Arnell

INTENSITETS- OCH VARAKTIGHETSKURVOR
FÖR HÄFTIGA REGN I GÖTEBORG
UNDER 45-ÅRSPERIODEN 1926 - 1971

Göteborg den 15 mars 1974

Institutionen för vattenbyggnad CTF
och Göteborgs vatten- och
avloppsverk

INNEHÅLL

FÖRORD

- 1 Inledning
- 2 Definition av medelnederbördsintensiteten
- 3 Intensitets-varaktighetskurvor för starka regn i Göteborg av år 1935
- 4 Beskrivning av mätplatserna
 - 4.1 Allmänt
 - 4.2 Masthugget
 - 4.3 Lundby
 - 4.4 Landala
 - 4.5 Gullbergsvass
 - 4.6 Barlastplatsen
- 5 Beskrivning av nederbördsrätarna
- 6 Tillvägagångssätt vid bearbetningen
 - 6.1 Allmänt
 - 6.2 Val av bearbetningsperiod
 - 6.3 Utsortering av häftiga regn
 - 6.4 Stansning av regnen för vidare bearbetning
 - 6.5 Datorbehandling och statistisk bearbetning
- 7 Årsnederbörden
- 8 Homogenitetskontroll av materialet
 - 8.1 Allmänt
 - 8.2 Val av mätperiod
 - 8.3 Val av jämförelsestationer
 - 8.4 Tillvägagångssätt "Double mass"-metoden
 - 8.5 Beräkningsgång
 - 8.6 Resultat av homogenitetskontrollen
 - 8.6.1 Masthugget
 - 8.6.2 Lundby
 - 8.6.3 Landala
 - 8.6.4 Gullbergsvass
 - 8.6.5 Barlastplatsen
 - 8.6.6 Stationerna Delsjön (vatten-verket) och Göteborg (SMHI)
 - 8.7 Sammanfattning av homogenitetskontrollen

- 9 Felanalys
- 9.1 Allmänt
- 9.2 Fel vid nederbördsmätningen
- 9.3 Fel på grund av egenskaper hos instrumentet vid registrering av nederbörden
- 9.4 Fel på grund av att stansade koordinater avviker från den verkliga kurvan
- 9.5 Fel i databearbetningen
- 9.6 Sammanfattning av felanalysen
- 10 Intensitets - Varaktighetskurvor för Göteborg tidsperioden 1926-1971
- 11 Sammanfattning
- 12 Rekommendation
- 13 Litteraturförteckning

BILAGOR

- 1 Intensitets - Varaktighetskurva för tidsperioden 1926-1935
- 2 Intensitets - Varaktighetskurva för tidsperioden 1897-1935
- 3 Jämförelse mellan Intensitets - Varaktighetskurvorna för tidsperioderna 1897-1935 och 1926-1935
- 4 Sambandet mellan 2-årsregnets intensitet och varaktighet i några svenska städer
- 5 Karta över nederbördsrävarstationerna
- 6 Homogenitetskontroll av mätserien: Måstugget
- 7 " " " Lundby
- 8 " " " Landala
- 9 " " " Gullbergsvass
- 10 " " " Barlastplatsen
- 11 " " " Delsjön
- 12 " " " Göteborg (SMHI)
- 13 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Återkomsttid 10 år.
- 14 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Återkomsttid 5 år.
- 15 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Återkomsttid 2 år.
- 16 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Återkomsttid 1 år.
- 17 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Återkomsttid $\frac{1}{2}$ år.
- 18 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Återkomsttid $\frac{1}{3}$ år.
- 19 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Utjämnade viktade medelvärden. Återkomsttid $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 5 och 10 år.
- 20 Jämförelse mellan 1973 års intensitets - varaktighetskurvor för tidsperioden 1926--1971 och 1935 års intensitets - varaktighetskurvor för tidsperioden 1926--1935. Återkomsttid 1, 2 och 5 år.
- 21 Jämförelse mellan intensitets - varaktighetskurvor för häftiga regn 1926--1935 enligt 1973 års bearbetning och 1935 års bearbetning.
- 22 Jämförelse mellan nederbördsintensiteter vid Lundby 1926--1935 erhållna vid olika steglängd vid sökning efter maximala nederbörds mängder för olika varaktigheter.

- 23 Intensitets - Varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer utom Gullbergsvass. Utjämnade viktade medelvärden. Återkomsttid 1, 2 och 5 år.
- 24 Jämförelse mellan 1973 års intensitets - varaktighetskurvor för tidsperioden 1926--1971, samtliga stationer utom Gullbergsvass och 1935 års intensitets - varaktighetskurvor för tidsperioden 1926--1935. Återkomsttid 1, 2 och 5 år.
- 25 Intensitets - varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Utjämnade viktade medelvärden. Återkomsttid 1 år med sannolika felmarginaler.
- 26 Intensitets - varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Utjämnade viktade medelvärden. Återkomsttid 2 år med sannolika felmarginaler.
- 27 Intensitets - varaktighetskurvor för häftiga regn. Samtliga stationer. Utjämnade viktade medelvärden. Återkomsttid 5 år med sannolika felmarginaler.

FÖRORD

Nyanläggning av avloppsnätet utföres i de flesta av Sveriges kommuner enligt duplikatsystem, så att dagvatten från tak, gårdar, gator och parker och andra hårdgjorda ytor avledes i särskilda ledningar. På så sätt kommer bräddning av med dagvatten utspädd spillvatten till recipienterna samt belastningen på pumpverk och reningsanläggningar att minska. Det befintliga kombinerade avloppsnätet inom kommunen skall av samma skäl successivt omläggas till duplikatsystem.

Med hänsyn till de stora investeringarna för såväl nyanläggningar som omläggningar men också med hänsyn till vattenvårdsaspekter gäller det att vid dimensioneringen av dagvattennätet utnyttja så moderna och exakta metoder som möjligt, anpassade till kommunens meteorologi, topografi, geologi och stadsplanetekniska struktur.

Det har bedömts erforderligt att med hänsyn till utvecklingen genomföra en översyn av hittills tillämpade beräkningsförutsättningar av dagvattenavledningen. Genomförandet av en sådan utredning beräknas kräva en relativt stor arbetsinsats. Flera avsnitt blir av målforskningskaraktär samtidigt som det principiella utredningsresultatet bedömes kunna bli av riksintresse.

För att hålla hög kvalitetsnivå på utredningen och samtidigt hålla nere utredningskostnaderna har CTH:s institution för vattenbyggnad inlett samarbete med Göteborgs va-verk avseende ett gemensamt genomförande av avrinningsstudier av dagvatten i Göteborg. Vattenbyggnadsinstitutionen får härigenom praktisk grund för sitt vetenskapliga forskningsarbete, medan va-verket tillföres vetenskapliga synpunkter.

Utredningsprojektet, som benämnes avrinningsstudier i Göteborg - AG 72 - har uppdelats i följande tre delar:

Objekt 1

Datateknisk sammanställning, bearbetning, utvärdering och redovisning av starka regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971 bl a i form av gränskurvor.

Objekt 2

Etablering och drift av nederbördsstationer i Göteborg och angränsande områden inkl årlig bearbetning, utvärdering och redovisning av erhållna mätresultat - AG 72 N.

Objekt 3

Studier av ytavrinningsförloppet inom avgränsade områden av Göteborg - AG 72 A - huvudundersökning. Undersökningresultaten redovisar förutsättningar och metoder för beräkning av ytavrinningen.

Detta meddelande utgör en rapport från utförda utredningar avseende projektets objekt 1 gällande bearbetning av de omfattande nederbördsregistreringar, gjorda i Göteborg sen slutet av 1800-talet. Utredningsarbetets tyngdpunkt har förlagts till de senaste 45 årens nederbördsdata.

För projektets genomförande bildades år 1972 en arbetsgrupp med följande sammansättning:

Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för vattenbyggnad:

Civilingenjör Viktor Arnell

Docent Klas Cederwall

Prof Lennart Rahm

Göteborgs va-verk:

Överingenjör Sören Hallquist

Utredningschef Ebbe Ryberg

Ingenjör Lars Svärd

Härutöver har från va-verket medverkat:

Projekteringschef Axel Holmgren

Projekteringschef Åke Mattsson

Ingenjör Leif Staberg

Utredningschef Valter Svantesson

Kontaktmän mellan CTH och va-verket har varit

K Cederwall och E Ryberg

Projektledare har varit V Arnell

INLEDNING

Som framgår av förordet avser detta meddelande - rapport - datateknisk sammanställning och redovisning av starka regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926--1971 bl a i form av gränskurvor.

Det har betraktats som angeläget att börja nederbördsstudierna med en kontroll av de gamla intensitetsvaraktighetskurvorna för Göteborg samt utveckling av nya kurvor som bygger på en längre mätperiod.

Parallellt med bearbetningen av det gamla materialet har ett nytt nät med registrerande nederbördsstationer etablerats för studier av nederbördens regionala fördelning.

Nederbördens variation i tid och rum ingår i flera av de avrinningsmodeller som håller på att utvecklas för beskrivning av flödet i dagvattenledningarna. För att uppnå en riktig ekonomiskt optimal dimensionering av ledningarna är det viktigt att ha tillgång till statistiskt riktiga ingångsvärden, i detta fall data om nederbörden. Noggrannheten i uppgifterna är beroende av stationernas antal och representativa placering samt mätseriernas längd. Mätseriens längd bör särskilt uppmärksammas, eftersom variationerna i nederbörd kan vara stora från år till år och från station till station.

DEFINITION AV MEDELNERBÖRDSINTENSITETEN

Dimensionering av dagvattenledningar görs idag vanligen enligt den rationella metoden. Flödet beräknas enligt:

$$Q = A \times \phi \times i$$

Q = maxvattenföringen i l/s

A = avrinningsområdet i ha

ϕ = avrinningskoefficienten dimensionslös

i = medelnederbördsintensiteten i l/s ha

Värdet på nederbördsintensiteten hämtas ur kurvor eller tabeller som ger sambandet mellan medelnederbördsintensitet och motsvarande intensitets varaktighet. Kurvorna och tabellerna är gjorda så att man erhåller intensitetsvärden som i medeltal uppnås eller överskrids med en viss sannolikhet. Vanligtvis anges sannolikheten med s k återkomstintervall, dvs hur ofta ett visst värde i medeltal uppnås eller överskrids (t ex en gång varje år, vartannat år, vart femte år osv). Exempel på sådana här kurvor och tabeller finns i bilaga 1, 2, 3 och 4.

Ett beräkningsregn med varaktigheten T definieras som den del av ett regn, som under tiden T ger den största nederbörds mängden. Denna nederbörds mängd dividerad med varaktigheten T är medelnederbördsintensiteten.

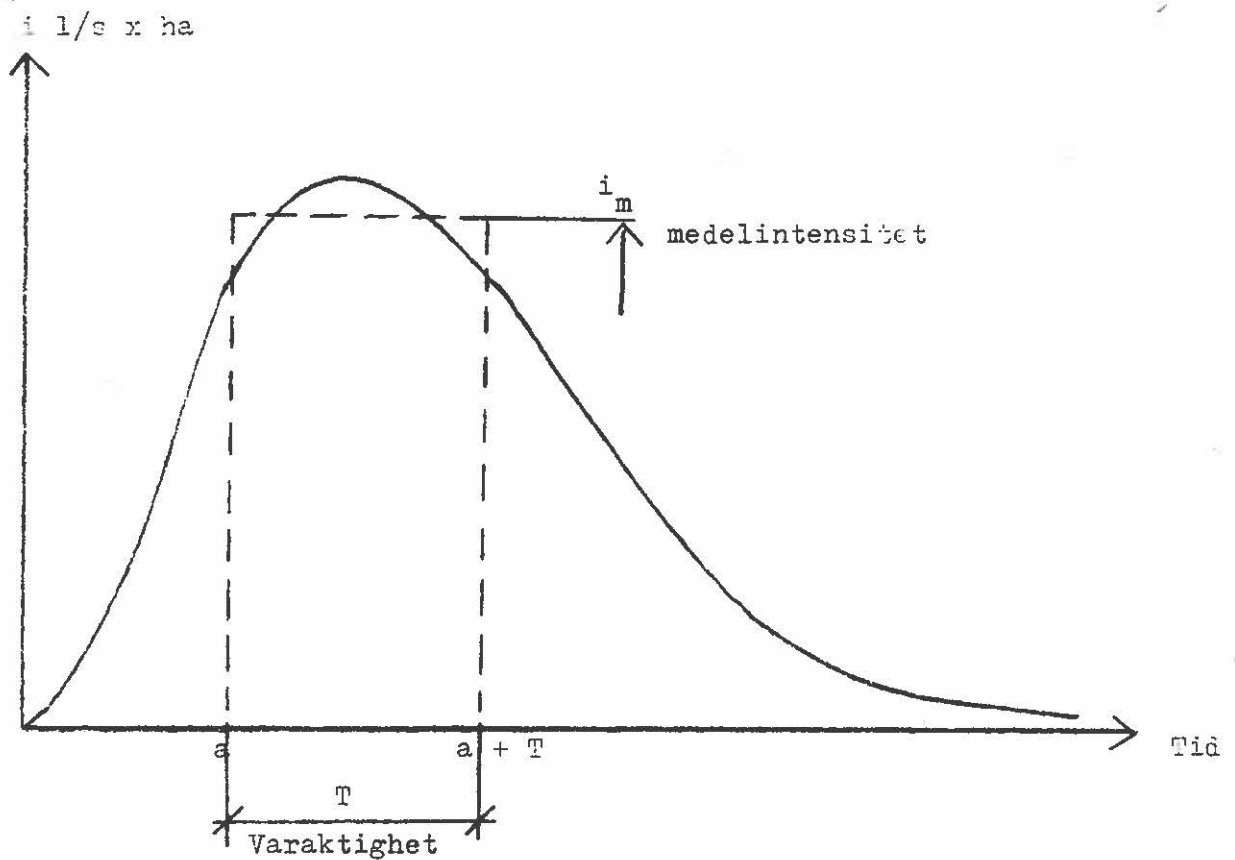


Fig 2.1 Definition av beräkningsregnet vid rationella metoden

Detta kan också skrivas:

$$i_m = \frac{1}{T} \int_a^{a+T} i dt$$

a väljes så att i_m blir maximal.

Valet av varaktigheten T beror på avrinningsområdets lutning, form, storlek och markytans råhet. Tiden bör vanligtvis väljas som den tid det tar för vattnet att rinna från den mest avlägsna delen av området fram till dimensioneringspunkten. Denna tid kallas ibland koncentrations-tiden.

INTENSITETS - VARAKTIGHETSKURVOR FÖR GÖTEBORG AV ÅR 1935

Vid dimensionering av dagvattenledningar i Göteborg har man använt sig av intensitets - varaktighetskurvor framtagna vid en bearbetning 1935 av tidsperioden 1926--1935. Kurvorna över sambandet mellan medelintensitet och varaktighet framgår av bilaga 1.

Samtidigt med ovannämnda bearbetning gjorde man en bearbetning för tidsperioden 1897--1935. Resultatet framgår av bilaga 2. Dessa kurvor ligger betydligt under kurvorna från tidsperioden 1926--1935. (Se bilaga 3).

Intensitets- och varaktighetskurvorna är medelkurvor för samma fem stationer som ingår i denna bearbetning. Enligt Falk (2) har de olika intensitetsvärdena för stationerna för en viss frekvens viktats ihop i förhållande till mätseriernas längd vid de olika stationerna.

Kurvan för tvåårsregnet enligt bilaga 1 har även approximerats med ekvationen $q = (4000)/(T + 16)$ l/s x ha, T i min.

4 BESKRIVNING AV MÄTPLATSERNA

4.1 Allmänt

Nederbörden har registrerats på fem platser i Göteborg (se bilaga 5). Den första mätaren sattes upp vid Gullbergsvass 1897. Under de följande 20 åren placerades ytterligare fyra ut och fr o m 1917 var alla fem regnmätarna på plats. Placeringen gjordes i anslutning till Gatukontorets eller Vattenverkets anläggningar. Mätarna, som fordrade daglig tillsyn, sköttes av personalen på platsen. Platsen för mätarna har ur mätteknisk synpunkt vid uppsättningstillfället säkert varit väl vald sett ur den tidens begrepp.

Värdet av de bevarade registrerade nederbördsmängder får anses vara mycket värdefullt, även om förändringar under tiden skett kring mätstationerna fram till resp stationers upphörande och nu påbörjade nya mätningar.

Uppgifter om hur det såg ut runt mätarna vid uppsättningstillfället är svåra att få speciellt som flera platser är helt förändrade idag.

4.2 Masthugget

Nederbördsmätaren i Masthugget var placerad vid Vattenverkets reservoar på Vattugatan. Mätaren placerades ut år 1902. 1939 byttes större delen av mätaren ut, ty då gick man över till ett diagrampapper med betydligt bättre upplösning och större skala. År 1959 lades mätstationen ner.

Stationen var belägen ca 54 m över havet. Mätplatsen var vid besiktningstillfället skyddad i söder och öster av träd och byggnader men låg helt öppen för vindar från väst och nord. Se bild 4.1 och 4.2.

4.3 Lundby

Lundby nederbördsräätare var belägen vid en avloppspumpstation, som nu ligger inne på Götaverkens område vid Lundbyhamnen. Mätserien startade år 1921 och avslutades 1955.

Mätplatsen var belägen ca 2 m över havet. Hur det sett ut runt omkring räätaren går inte att få fram, då mätplatsen fullständigt förändrats.

4.4 Landala

Mätstationen i Landala var placerad i anslutning till Vattenverkets reservoar vid Viktoriagatan. År 1913 startades mätningarna och avslutades år 1962.

Vattenreservoaren vid Viktoriagatan är belägen ca 50 m över havet. Platsen är mycket lummig, varför man kan misstänka att räätaren har stått ganska mycket i lä.

4.5 Gullbergsvass

Regnräätaren var här placerad i anslutning till en avloppspumpstation. Detta var den första räätaren som sattes upp. Det skedde år 1897. Därefter fortskred mätningarna kontinuerligt fram t o m 1963.

Platsen är belägen ca 2 m över havet. Räätaren stod uppställd 50 m om pumpverket och omgiven av låga byggnader, fruktträd och buskar. Avståndet till närmaste fruktträd var ca 10 m. Byggandet av Tingstadleden och Gullbergsmotet har helt förändrat utseendet på platsen.

4.6 Barlastplatsen

Barlastplatsens nederbördsräknare är placerad i anslutning till en avloppspumpstation vid Andreégatan. Mätningarna startade år 1917 och pågår fortfarande.

Mätaren är belägen ca 3 m över havet. I söder och öster är mätplatsen avskärmd av mycket höga hus medan den i öster och norr är öppen mot hamnen.

Se bild 4.3 och 4.4.



Bild 4.1 Fundamentet till nederbördsräknaren vid Masthugget med utsikt mot nordväst (foto 1972)

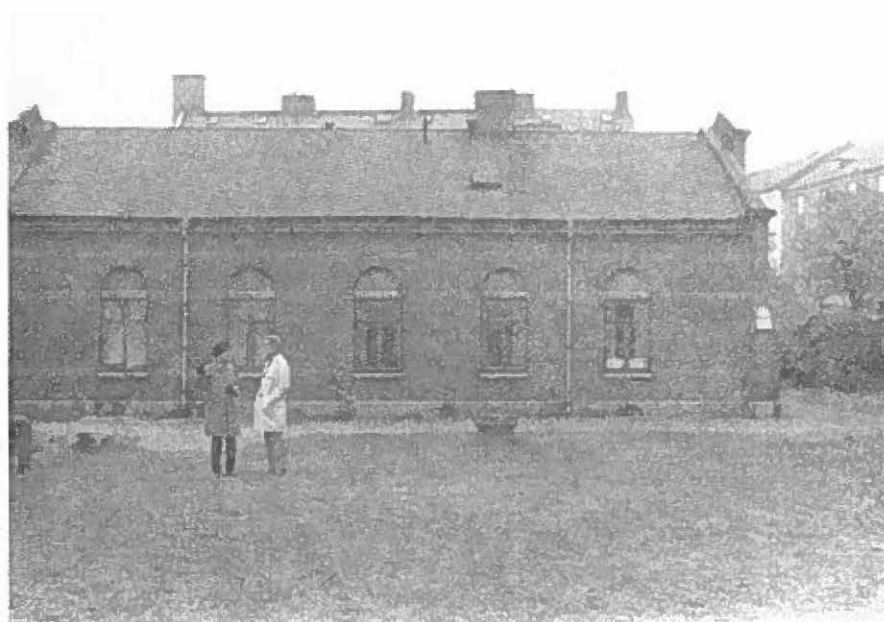


Bild 4.2 Fundamentet till nederbördsräknaren vid Masthugget sedd från väster (foto 1972)



Bild 4.3 Mätstationen vid Barlastplatsens avloppspumpstation sedd från väster. Den gamla mätaren är inringad till höger och en av mätarna i det nya stationsnätet till vänster (foto 1973)

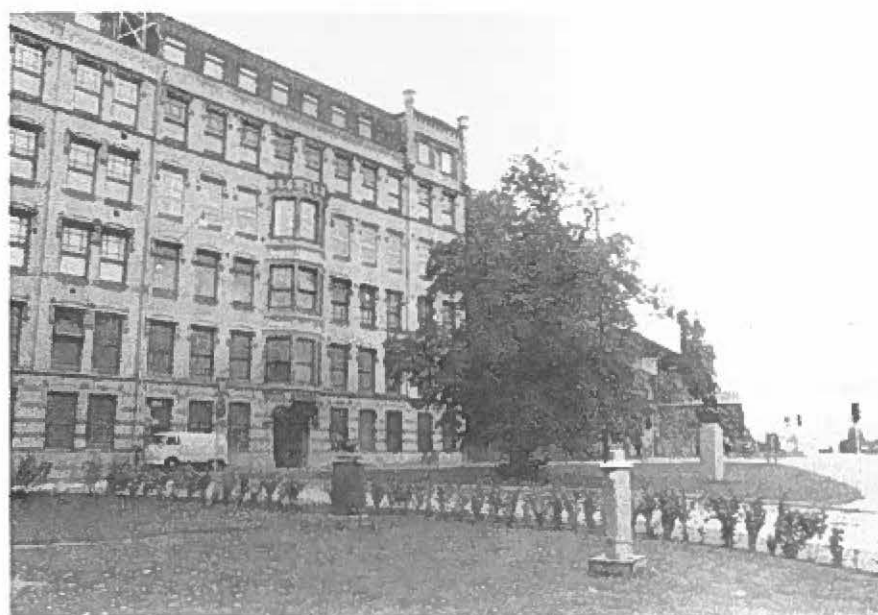


Bild 4.4 Mätstationen vid Barlastplatsen. Den gamla mätaren till vänster och den nya till höger (foto 1973)

Registrering av nederbörden har alltsedan mätningarnas start 1897, gjorts med mätare som fungerat enligt flottörprincipen. Nederbörden samlas upp i en tratt och leds genom ett smalt rör ner i ett flottörhus. I flottörhuset flyter en flottör till vilken är kopplat ett ritstift. När det regnar höjer sig flottören längs en vertikal stång. Höjningens storlek beror på nederbörds mängden. Regnhöjden förstoras genom att flottörhusets area är betydligt mindre än uppfångningstrattens area. Den vanligaste förstoringen är 7-8 gånger. Ritstiftet ritlar en kurva på ett diagram papper som sitter på en roterande trumma. Trumman, som drivs av ett urverk, roterar ett varv per dygn. Man erhåller alltså en kurva över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden. Upplösningen i tid beror på trummans storlek. De flesta diagram i denna bearbetning har en framdrivningshastighet av ca 30 mm per timma. När vattennivån i flottörhuset stigit till en viss höjd töms flottörhuset genom en hävert. Ritstiftet rör sig därvid rakt ned. Tömningen tar ca 15 sek. Se fig 5.2. Det exakta utseendet hos respektive mätare kan bara fastställas vid Barlastplatsen då det är den enda mätare som finns kvar. Mätarnas principiella utseende framgår av fig 5.1 och bilderna 5.1 och 5.2.

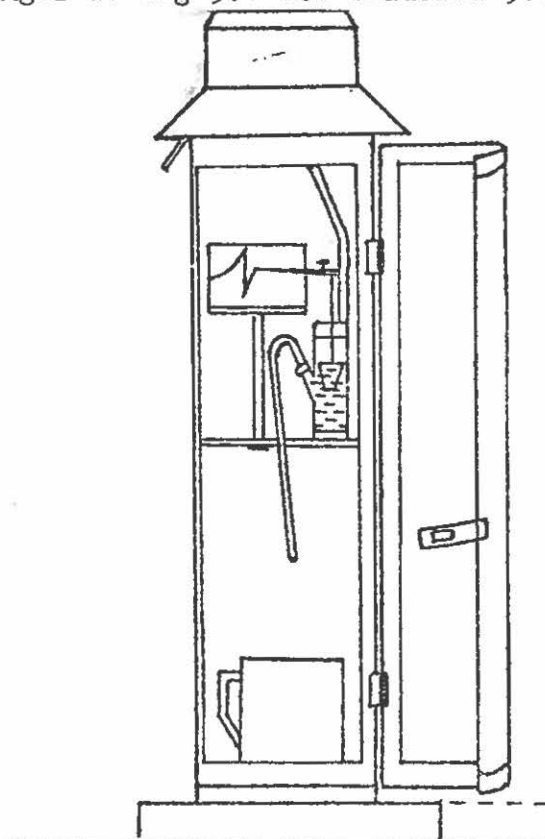


Fig 5.1 Nederbördsjämnare. Ur Dahlström (5)

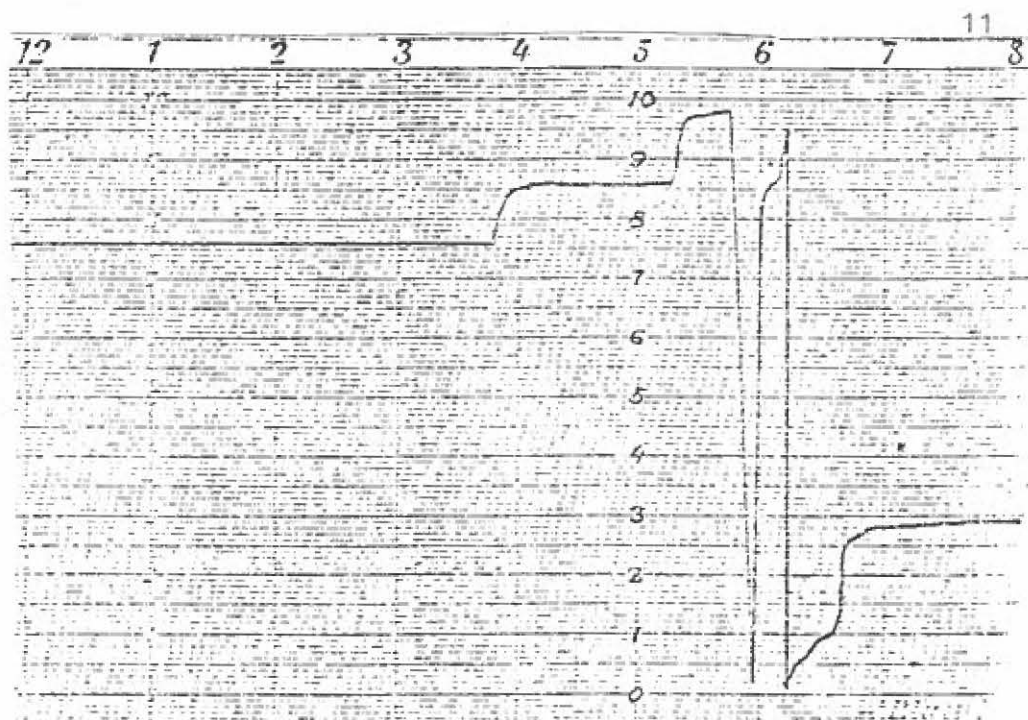


Fig 5.2 Exempel på registrering av häftigt regn

Tillsynen av mätarna har gjorts av personal på platsen. Byte av diagrampapper har skett varje morgon utom för nederbördsfria dygn då en skvätt vatten hållts i mätaren, vilket flyttat upp pennan en liten bit. Många regnfria dygn kan på så sätt vara redovisade på en och samma diagramremsa.

Diagrammen är bearbetade med avseende på dygnsnederbörd. Större delen av bearbetningsprotokollen har ej kunnat återfinnas. Årsnederbörd samt data om årets häftigaste regn finns redovisade i Göteborgs Gatukontors Årsberättelser 1926-1959 och Göteborgs vattenverks årsberättelser 1926-1959 (3) samt Göteborgs vatten- och avloppsverks årsberättelser 1960-1971 (4). Samtliga diagramremсор fr o m 1897 finnes dock arkiverade på va-verket i Göteborg.

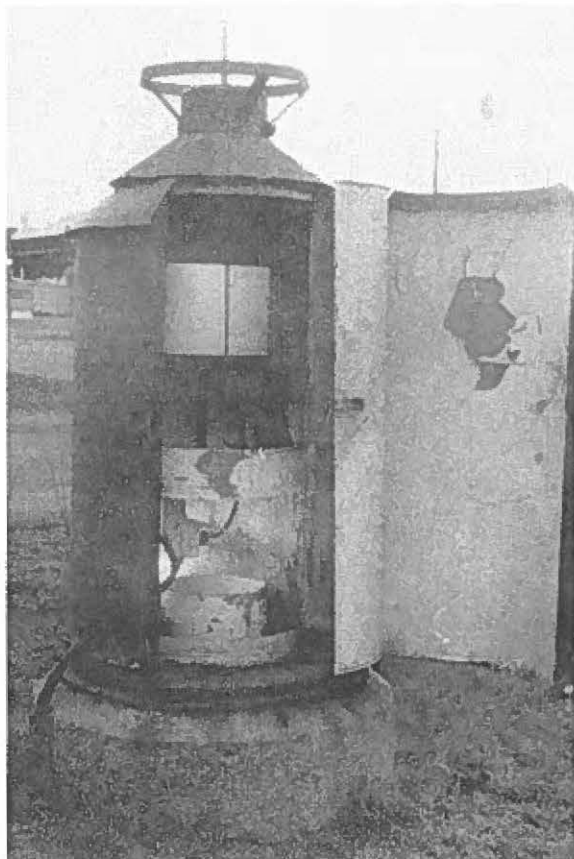


Bild 5.1

Nederbörds-mätaren vid
Barlastplatsen
(foto 1973)

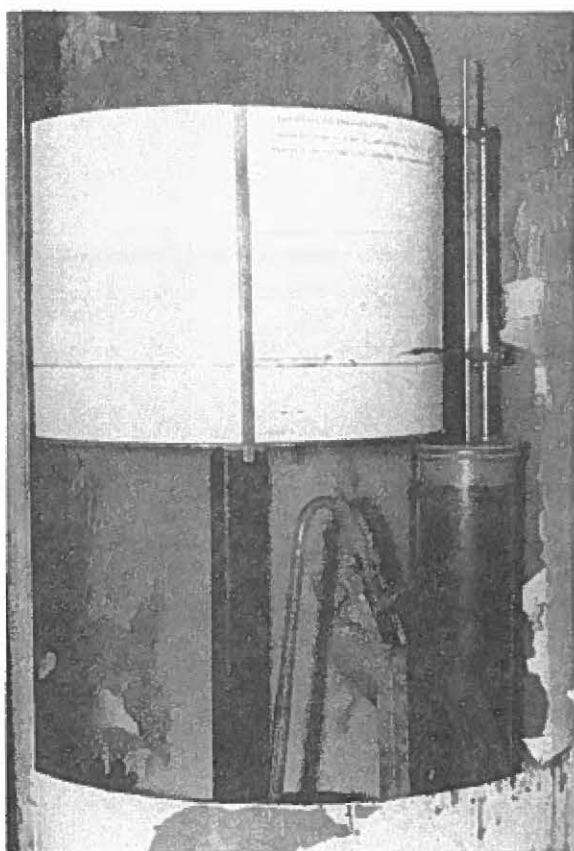


Bild 5.2

Nederbörds-mätare.
Flottörhus, ritstift
och trumma med diagram-
papper
(foto 1973)

6. TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID BEARBETNINGEN

6.1 Allmänt

Målsättningen med föreliggande bearbetning var att ta fram intensitets - varaktighetskurvor för Göteborg som bygger på en längre mätperiod än de gamla kurvorna. Samtidigt är målsättningen att skapa underlag för en vidare studie av egenskaperna hos häftiga regn. En framtida avrinningsmodell för beräkning av flödet i dagvattenledningar kräver andra nederbördsparametrar än nuvarande beräkningsmodeller. Av intresse är t ex att studera nederbördsintensitetens variation med tiden, totala nederbördsvolymen, tidsavstånd mellan olika regn och nederbördens rumsliga utbredning.

För att få underlag för dessa fortsatta studier har vi valt att överföra bearbetningsmaterialet med de häftiga regnen på en hållremsa för bearbetning med bl a dator och lagring på magnetband. Regnen är lagrade i en så allmän form, som möjligt för att ge stor flexibilitet i framtiden. Detta medför att framtida bearbetningar, där råmaterialet täcks in av den nu lagrade datamängden, blir relativt billiga eftersom man slipper utföra en tidskrävande manuell bearbetning av nederbördsdiagrammen.

Vid föreliggande bearbetning har valts tidsperioden 1926-1971. Detta ger oss möjlighet att göra en jämförelse med bearbetningen från 1935 för perioden 1926-1935. Samtidigt blir tidsperioden för den nya bearbetningen 30 år eller mer för samtliga stationer. Om man går längre tillbaka i tiden får man arbeta med mätardiagram med betydligt sämre upplösning i registrering av tid och nederbörd. Bearbetningsperioderna för de olika stationerna framgår av nedanstående tabell.

Plats	Bearbetningsperiod	Anmärkning
Masthugget	1926-1958	1939, 40, 50, 54 utgår
Lundby	1926-1955	
Landala	1926-1962	1961 utgår
Gullbergsvass	1926-1963	1961, 62 och 63 utgår
Barlastplatsen	1926-1971	

Tabell 6.2.1 Tidsperioder för bearbetning av nederbördsdata

6.3

Utsortering av häftiga regn

Målsättningen vid projektets start var att kunna redovisa intensitets - varaktighetskurvor med återkomstintervall lika med eller längre än ett tredjedels år. Vid bearbetningen måste vi då få med alla regn med intensiteter större än eller lika med vad som i genomsnitt uppnås eller överskrids tre gånger varje år för de studerade varaktigheterna. Genom extrapolering av resultatet av bearbetningen för tidsperioden 1897-1935 fastställdes i tabell 6.3.1 angivna gränsvärden för utsortering. De regn som överskred dessa värden sorterades ut för vidare bearbetning.

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	43
10	3,0	50
5	1,7	58

Tabell 6.3.1 Gränsvärden vid utsortering av häftiga regn för vidare bearbetning

6.4

Stansning av regnen för vidare bearbetning

För vidare bearbetning på dator överfördes de häftiga regnen på hålremsa med hjälp av en koordinatograf. Varje regn gavs en identifikation bestående av:

Platsnummer

Datum

Tidpunkt

Skalfaktor

Ett regn definierades därvid som:

Nederbörden mellan två tillfällen då intensiteten är lika med noll under minst en timma.

Detta innebär att ett regn kan innehålla en eller flera häftiga skurar. Dessa skurar bör behandlas som statistiskt oberoende händelser. Vid tillämpningen är det emellertid inte de häftiga regnen, utan översvämningstillfällen eller skadekostnader och skadetillfällen som är det intressanta. Frågan är då om det uppstår större skadekostnad vid flera på varandra följande skurar. Efter diskussion med personal vid Göteborgs va-verk framkom att det troligtvis ej uppstår större skadekostnader vid flera på varandra följande skurar.

Efter identifikationsraden stansades koordinaterna för tre kända punkter på diagramappret. Dessa punkter användes i bearbetning för koordinattransformering mellan koordinatografens och diagrammets koordinatssystem. Där- efter bearbetades den ackumulerade nederbördskurvan på så sätt att kurvans brytpunkter stansades.

6.5 Datorbehandling och statistisk bearbetning

I samband med hållremsstansningen uppstod fel i materialet. Detta fel rättades vid uppläggnings av materialet på magnetband. Ytterligare korrigeringar gjordes i samband med den fortsatta bearbetningen.

Tömningarna av flottörhuset eliminerades genom att första koordinatparet efter tömningen sättes lika med sista koordinatparet före tömningen.

Utgångspunkt för det fortsatta arbetet är en kurva över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden enligt fig. 6.5.1.

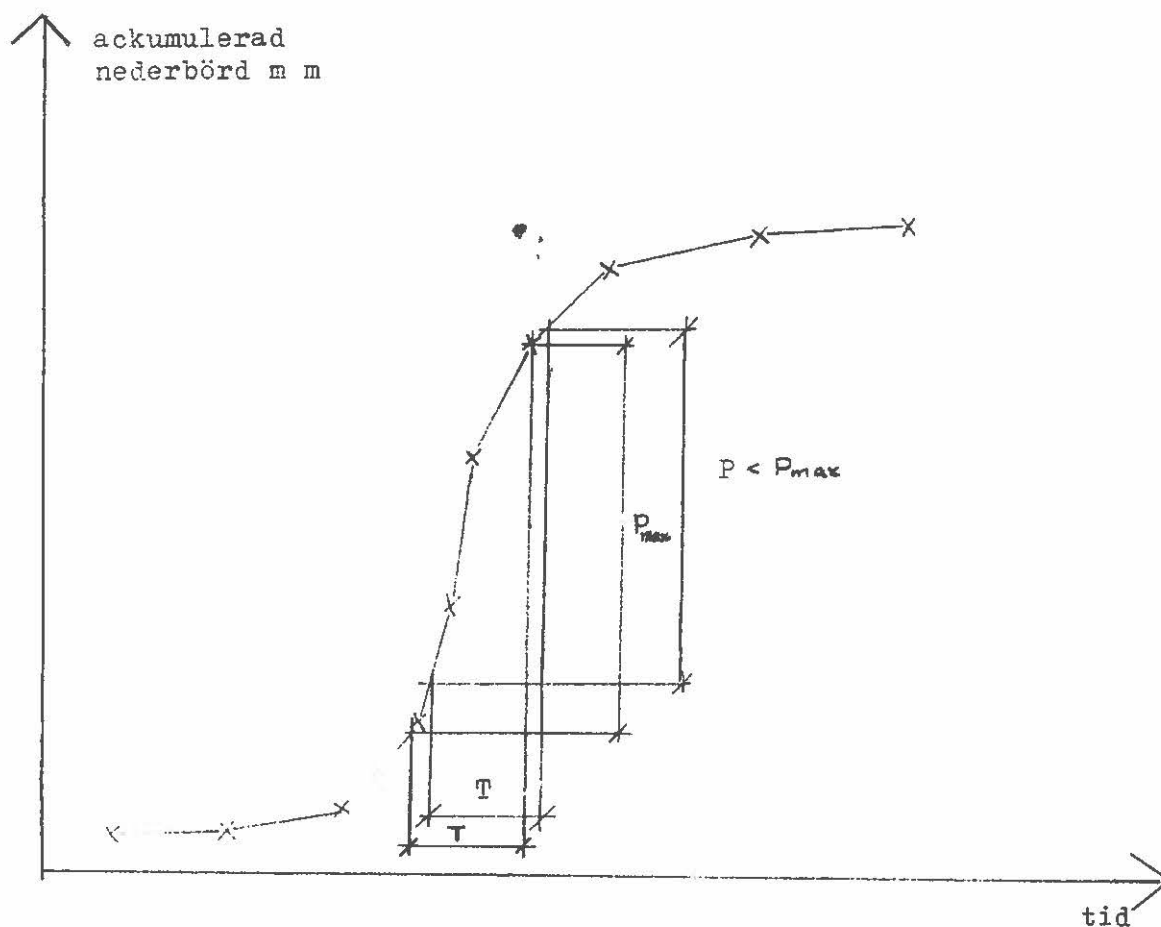


Fig 6.5.1 Beräkning av maxintensiteter ur kurva över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden

För varaktigheterna $T = 5, 10, 15 \dots, 70$ serien beräknas nu maximala medelnederbördsintensiteter genom att max P/T söks enligt fig 6.5.1. Mellan koordinaterna interpoleras rätlinjigt. Vid sökningen efter tidsintervallet med maximal nederbörd flyttas tidsintervallet i steg om två minuter. Vid sökningen startas med varaktigheten 70 min. När maximal nederbörd för denna varaktighet är funnen söks max nederbörd under 65 min inom 70-min intervallet. Därefter söks max nederbörd under 60 min inom 65-min intervallet o s v. Bearbetningen görs separat för varje plats. Utdata är en lista med intensiteterna rankade i storleksordning, med det största som nummer ett, för varje varaktighet och plats.

Återkomstintervallen eller plottningspositionerna beräknas enligt (7) med hjälp av formeln:

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

där T_R = återkomsttiden i år

N = antalet bearbetade år

m = regnets ordningsnummer

Bearbetningen syftade till att ta fram intensitets - varaktighetskurvor för återkomsttiderna $1/3, 1/2, 1, 2, 5$ och 10 år. För att erhålla dessa värden i intensitets - varaktighetsdiagrammet interpolerades rätlinjigt mellan beräknade intensiteter. Resultatet framgår av bil 13-18. Om dessa kurvor utjämnas erhåller man intensitets - varaktighetskurvor som gäller för de olika platserna. Förutom de geografiska variationer i nederbörden som förekommer är varje kurva behäftad med de mätfel som gäller för just det instrumentet och den platsen. För att få ett representativt medelvärde kan man alltså egentligen inte bara beräkna medelvärdet av intensitetsvärdena för de olika stationerna. Två olika metoder förekommer i litteraturen. Den första tillgår så, att man lägger ihop alla mätserierna och därefter beräknar återkomsttiden enligt ovanstående formel. Detta förutsätter att händelserna vid de olika stationerna är oberoende, vilket klart framgår av data-listorna att de inte är.

Den andra metoden innebär att man viktar värdena från mätarna med hänsyn till mätseriens längd vid de olika stationerna. Inte heller detta kan sägas vara en bra metod då den geografiska variationen samt mätfelet inte beaktas på rätt sätt. Dock är värdet av en lång mätserie mycket stort.

Vid denna bearbetning har medelvärdet beräknats enligt den andra metoden och värdena från varje station viktats i förhållande till respektive mätseries längd. Resultatet framgår av bilaga 19.

ÅRSNEDERBÖRDEN

Värden på årsnederbörden vid de fem stationerna är hämtade ur Göteborgs Gatukontors årsberättelser (3) och ur vatten- och avloppsverkets årsberättelser (4). Utöver dessa stationer har årsnederbörden från en mätare belägen vid Delsjöns vattenverk samt SMHI:s (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut) mätstation Göteborg studerats.

Medelvärden för tidsperioder fr o m 1926 t o m så länge mätarna varit i drift finns redovisade i tabell nedan.

Tidsperiod	Mast- hugget 001	Lund- by 002	Lan- dala 003	Gull- bergs- vass 004	Bar- last- platsen 005	Del- sjön	Göte- borg SMHI	Antal år
1926-1935	753,0	786,2	750,8	713,7	683,9	794,7	679,0	10
1926-1955	750,6	716,4	690,2	725,9	657,8	750,7	677,8	30
1926-1958	743,0	-	681,3	716,2	651,0	741,3	669,6	33
1926-1960	-	-	678,1	711,9	649,1	737,0	674,0	35
1926-1962	-	-	681,2	-	653,2	739,7	683,5	37
1926-1968	-	-	-	-	658,3	738,3	701,7	43
1926-1971	-	-	-	-	656,6	-	707,4	46

Tabell 7.1 Medelårsnederbörden för de undersökta stationerna

I sammanställningen kan vi se att tidsperioden 1926-1935 var nederbördsrikare än andra tidsperioder. Det är på data från denna period dagens dimensioneringsregn bygger.

Mätaren på Masthugget har givit den högsta årsmedelnederbörden av de fem registrerande stationerna, för tidsperioderna efter 1935, vilket kan förklaras av att platsen är relativt högt belägen (ca 50 m öh).

Stationerna i Landala och vid Barlastplatsen visar däremot anmärkningsvärt låga värden. Mätaren i Landala var belägen på ungefär samma höjd över havet som Masthugget. De lägre medelvärdena beror troligen på förändringar som skett omkring mätaren samt att platsen är belägen på en sluttning mot norr. Stationen vid Barlastplatsen är i söder skuggad av ett sex våningars högt hus samtidigt som platsen är belägen vid foten av Masthuggsbergen vid hamnen. Lundby och Gullbergsvass uppvisar i förhållande till övriga stationer rimliga värden på årsmedelnederbörden (vad gäller häftiga regn är avvikelserna stora vid Gullbergsvass).

Årsnederbördens variation i förhållande till medelnederbörden för varje stations mätperiod samt jämförelser med övriga stationer har behandlats i kap 8 "Homogenitetskontroll av tidsserierna". Se även bilaga 6-12.

8 HOMOGENITETSKONTROLL AV MATERIALET

8.1 Allmänt

Vid bearbetning av hydrologiska tidsserier är det av stor vikt att veta att materialet är homogent dvs att inga förändringar som påverkat mätningarna skett under mätperioden. Exempel på förändringar kan vara flyttning av mätaren, växande träd eller byggnader som uppförs i närheten av mätaren m m.

Homogenitetskontrollen utföres genom att jämföra mätvärden från den aktuella stationen med medelvärdet från ett antal närliggande stationer.

8.2 Val av mätperiod

De häftiga regn som har betydelse för dimensionering av dagvattenledningar faller huvudsakligen under månaderna maj - oktober. Lämpligt vore då att studera den årsvisa summan av nederbörd för mätperioden maj - oktober. Bearbetningsprotokollen över månadsnederbörd har ej kunnat återfinnas, varför vi tvingas att i stället studera årsnederbördens förändringar.

Huruvida förändringar i årsnederbörden är ett representativt mått även på förändringarna av registreringen av häftiga regn är mycket svårt att säga. I vårt fall kan vi förutsätta att inga förändringar beror på flyttning av mätarna längre sträckor, utan ev inhomogeniteter beror på miljöändringar i mätarnas omedelbara närhet eller ändrade instrumentfunktioner. Avvikelserna sammanhänger då mycket intimt med det totala mätfelet som kan ha förändrats på ett systematiskt sätt. Speciellt felet på grund av den aerodynamiska effekten på regndroppstrajektorierna orsakade av mätaren, samt felet på grund av olämplig placering av mätaren kan ha förändrats. Det är dock inte säkert att de häftiga regnen har påverkats i lika hög grad som årsnederbörden.

På grund av ovannämnda osäkerhet vågar man ej göra någon korrigering av intensitetsvärden och totalnederbörd för häftiga regn utan endast konstatera om risk för homogenitetsbrott föreligger eller ej.

8.3 Val av jämförelsestationer

Vid valet av jämförelsestationer bör man ta med närliggande stationer som kan förväntas ha en nederbördsvariation som överensstämmer med den undersökta stationen. Jämförelsestationerna bör om möjligt vara homogena. Detta villkor kan vara svårt att uppfylla men genom att ta med ett antal stationer och arbeta med deras medelvärde, kan man hoppas på att eventuella inhomogeniteter skall ta ut varandra. Utöver de fem bearbetade stationerna har i detta fall medtagits en nederbördsstation som varit belägen i anslutning till vattenverket vid Delsjön från slutet av 1800-talet t o m 1968 samt en av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Instituts mätare med namnet Göteborg. Den var 1898-1946 belägen vid Telegrafstationen, 1947-1969 vid Sjöbefälsskolan samt 1969-1972 vid Härlanda fängelse. För var och en av de sju stationerna har homogenitetskontrollen utförts med de andra sex som jämförelsestationer.

8.4 Tillvägagångssätt: "Double mass"-metoden

Double mass-metoden går ut på att man i ett rätvinkligt koordinatsystem plottar den ackumulerade nederbörden för den undersökta stationen mot det ackumulerade medelvärdet av nederbörden för ett antal närliggande stationer. Om serien är homogen skall punkterna ligga efter en rät linje. Ett homogenitetsbrott visar sig som en eller flera brytpunkter på linjen.

Ehlert (1) har beskrivit en modifierad metod som har utarbetats av Hovmöller vid SMHI. Den har använts här och går ut på att man beräknar den ackumulerade skillnaden från medeltalet för den undersökta stationen och för jämförelsestationerna samt studerar skillnaden mellan dessa värden.

8.5 Beräkningsgång:

x_i och y_i betecknar löpande serie av årsvärden för den undersökta stationen respektive motsvarande serie av medelvärden för jämförelsestationerna

$i = 1, 2, \dots, N$. $N =$ antalet studerade år.

Beräkna medelvärdet

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{och} \quad y_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$i = 1, 2, \dots, N$.

Beräkna den ackumulerade relativa avvikelser från medelvärdet för X_i respektive Y_i

$$X_i = \sum_{j=1}^i \left(\frac{x_j}{x_m} - \frac{x_m}{x_m} \right) = \sum_{j=1}^i \left(\frac{x_j}{x_m} - 1 \right)$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^i \left(\frac{y_j}{y_m} - \frac{y_m}{y_m} \right) = \sum_{j=1}^i \left(\frac{y_j}{y_m} - 1 \right)$$

$i = 1, 2, \dots, N$.

Beräkna och plotta

$$Z_i = X_i - Y_i$$

Inhomogeniteter syns mycket tydligt vid uppritningen av Z_i .

8.6 Resultat av homogenitetskontrollen

Se bilagorna 6-12

Nedan är i tabell redovisat resultatet av homogenitetskontrollen för varje station. Tabellen innehåller relativa värden X_i och Y_i för de tidsperioder då inga homogenitetsbrott har inträffat.

Om en av dessa perioder väljs som den riktiga referensperioden så bör förhållandet mellan de relativa värdena för den undersökta stationen och jämförelsestationerna vara detsamma även för de övriga perioderna. Under detta antagande har justeringen beräknats.

8.6.1 Masthugget (001)

Se bilaga 6

För stationen Masthugget har ett homogenitetsbrott inträffat ungefär 1942. Se tabell nedan. Om perioden 1943-1958 väljes som referensperiod bör perioden 1926-1942 justeras upp.

Delperiod	1926-1942 (17 år)	1943-1958 (16 år)
Rel. värde 001	0,971	1,031
Rel. värde Jmf - stn	1,011	0,989
Ref. period		x
Justering 001	+ 8,5 %	

Tabell 8.1 Relativa årsvärden för station Masthugget

Det rel värdet motsvarar X_i resp Y_i för ovanstående period (antal år)

8.6.2 Lundby (002)

Se bilaga 7

Tidsserien för Lundby uppvisar två homogenitetsbrott, ett ungefär 1932 och ett 1952. Se tabell 8.2. Perioden 1926-1932 bör justeras ned och perioden 1953-1955 upp om den mellanliggande perioden väljes som referensperiod.

Delperiod	1926-1932 (7)	1933-1952 (20)	1953-1955 (3)
Rel. värde 002	1,117	0,965	0,960
Rel. värde Jfm stn	1,027	0,983	1,053
Ref. period		X	
Justering 002	- 9,7 %		+ 7,6 %

Tabell 8.2 Relativa årsvärden för station Lundby.
Det rel värdet motsvarar X_1 resp Y_1 för
ovanstående period (antal år)

8.6.3 Landala (003)

Se bilaga 8

Årsnederbörden för Landala har ett brott på linjen inträffat ungefär år 1935. Se tabell 8.3. Om perioden 1936--1962 väljes som referensperiod skall period 1926--1935 justeras nedåt.

Delperiod	1926-1935 (10)	1936-1962 (27)
Rel. värde 003	1,102	0,962
Rel. värde Jmf - stn	1,038	0,986
Ref. period		X
Justering 003	- 8,1 %	

Tabell 8.3 Relativa årsvärden för station Landala.
Det rel värdet motsvarar X_i resp Y_i för
ovanstående period (antal år)

8.6.4 Gullbergsvass (004)

Se bilaga 9

För stationen vid Gullbergsvass synes ett flertal homogenitetsbrott inträffat under mätperioden. Åren 1929, 1937 och 1956 kan något ha hänt med mätaren eller dess omgivning. Om man approximerar perioden med två delperioder 1926--1934 och 1934--1960 skall den förra perioden justeras uppåt om den senare perioden väljes som referensperiod.

Delperiod	1926-1934 (9)	1935-1960 (26)
Rel. värde 004	0,986	1,005
Rel. värde Jmf stn	1,052	0,982
Ref. period		X
Justering 004	+ 9,2 %	

Tabell 8.4 Relativa årsvärden för stationen Gullbergsvass

8.6.5 Barlastplatsen (005)

Se bilaga 10

Tidsserien för nederbördsstationen vid Barlastplatsen kan betraktas som homogen för hela tidsperioden.

8.6.6 Stationerna Delsjö (vatten-verket) och Göteborg (SMHI)

Se bilaga 11 och 12

Stationen Delsjön har ett brott ungefär 1943 och stationen Göteborg ett ca 1944 och ett 1959. Båda tidsserierna kan betraktas som mycket inhomogena och borde inte varit med bland jämförelsestationerna.

8.7 Sammanfattning av homogenitetskontrollen

Homogenitetskontrollen har givit för handen, att relativt stora inhomogeniteter förekommer i samtliga tidsserier utom Barlastplatsen. Då man ej kan finna något klart samband mellan storleken eller antalet av de häftiga regnen och årsnederbörden har någon korrektion av nederbördsintensiteterna ej gjorts.

9 FELANALYS

9.1 Allmänt

Medelnederbördsintensiteterna i intensitets - varaktighetsdiagrammet är behäftade med en svårdefinierbar felmarginal. Det totala felet beror av svårigheterna att fånga upp verklig nederbörd, regnmätarens egenskaper samt bearbetningsnoggrannheter. Ett försök att bestämma de ingående felgränserna följer nedan

9.2 Fel vid nederbördsmätningen

De största felen vid nederbördsmätning är det aerodynamiska felet samt fel på grund av olämplig placering av mätarna. Mätaren verkar störande på vindfältet kring mätaren vilket ger upphov till påverkan på regndropparna. Felet kan anses vara (5-10)%. Antagandet om felmarginalen bygger på undersökningar gjorda inom ramen för Svenska IHD-kommittens arbete och gäller egentligen månadssummor av regn. Tyvärr har inget arbete gjorts där felets storlek vid olika nederbördsintensiteter studerats.

Mätfelet påverkas även av mätarens placering i förhållande till omgivande föremål samt de närliggande topografiska förhållandena. Storleken på dessa fel är svår att avgöra men kan vad avser årsnederbörden vara ca -10 %.

Naturligtvis kan felen vid enstaka regn vara större och mindre än ovanstående värden. För slutresultatet antages ett mätfel på (10-15)% i medeltal. Detta fel adderas ej till övriga fel i fortsättningen eftersom mätförfarandet i viss mån är standardiserat.

9.3 Fel på grund av egenskaper hos instrument vid registrering av nederbörden

Falk (2) har behandlat dessa fel ingående. Mätarens funktion finns beskriven i kap 5. De fel som har betydelse vid bearbetning är.

1. Felaktigt förhållande mellan uppfångningsytans area och flottörhusets area. Vid kontrollmätning på mätaren vid Barlastplatsen har ett fel av 0,6 % påvisats. Ett rimligt medelfel är ca ± 1 %.
2. Urverket i nederbördsrörarna går för fort eller för sakta. Detta medför att den fallna nederbörden registreras på för långt eller för kort tidsintervall. Om man antar att urverket går 15 min fel per dygn ger detta ett fel i intensiteterna på mindre än ± 2 %. Detta fel kan försummas jämfört med övriga fel.
3. Vinkelfel mellan diagramtrummans axel och ritstiftets vertikalaxel. Detta fel är det helt dominerande av instrumentfelen och kan i enstaka fall ge mycket stora avvikelser på intensitetsvärdena. Felets storlek kan bestämmas genom att mäta avvikelsen från vertikallinjen hos den ritade linjen vid tömning av flottörhuset. Därefter kan de beräknade intensitetsvärdena korrigeras. Om det inte särskilt anges är ingen korrektion gjord på de presenterade intensitetsvärdena. Om ingen korrektion görs kan felet antas vara ca ± 5 %.

- 9.4 Fel på grund av att stansade koordinater avviker från den verkliga kurvan.

Vid stansningen följer man kurvan med ett förstoringsglas med ett hårkors i mitten. Av olika anledningar kan hårkorset avvika från kurvan vid registreringen av koordinaterna. Felet är i medeltal ungefär $\pm 0,1$ mm vid löpande punktvis registrering. Felet förstoras vid interpoleringen mellan koordinaterna och är större vid stora intensiteter och diagram med små skalor. För de flesta regn i denna bearbetning blir felet mindre än ± 5 %.

- 9.5 Fel i databearbetningen i samband med sökning efter maximala nederbörds mängder vid olika varaktigheter

Vid sökning efter maximala nederbörds mängder enligt fig 6.5.1 antages att varje regn är ett skenskursregn dvs varje regn definierat av en identifikationsrad har endast ett intensitetsmaximum. Vid sökningen startas med varaktigheten 70 min. När maximal nederbörd för denna varaktighet är funnen söks max nederbörd under 65 min inom 70-min intervallet. Därefter söks max nederbörd under 60 min inom 65-min intervallet osv. Detta innebär att vi speciellt för de kortare varaktigheterna missar regnskuror som är häftigare än de som ligger inom närmast större varaktighet. Vidare flyttas varaktighetsintervallet 120 sek varje gång vid sökningen. Detta innebär att om intensiteten är maximal under en tidsperiod lika lång som varaktighetsintervallet och man ej hamnar exakt inom detta intervall så kan en något för liten maximal nederbörd registreras.

Orsaken att vi valt att söka inom närmast större intervall samt med steg om 120 sek är att kostnaderna för databehandlingen ej skall bli för höga.

För att studera dessa fel har en bearbetning gjorts av tidsperioden 1926--1935 för station Lundby på tre olika sätt:

- a Sökning över hela kurvan för samtliga varaktigheter.
Steglängd 180 sek.
- b Sökning inom närmast större varaktighetsintervall.
Steglängd 180 sek.
- c Sökning inom närmast större varaktighetsintervall.
Steglängd 60 sek.

Resultatet framgår av bilaga 22.

I bilagan har även inritats de intensitetsvärden som verket erhöll vid sin bearbetning 1935. En undersökning av deras värden tyder på att de har sökt nederbörden för det exakta tidsintervall som givit maximal nederbörd. Resultatet tyder på att antalet regn med fler än en skur är litet och det fel som uppstår då man söker max nederbörd för en viss varaktighet inom närmast större varaktighetsintervall är litet. Däremot har steglängden betydelse, vilket framgår av att kurvan för 60 sek steglängd ligger högre än kurvan för 180 sek steglängd. Det totala felet torde vara ca -5 % för de kortaste varaktigheterna.

Den separata bearbetning som gjorts för tidsperioden 1926--1935 för samtliga stationer (se bilaga 21) visar något mindre skillnader, eller ca -3 %.

Vid bearbetningen av denna speciella tidsperiod har återkomsttiden beräknats enligt $T = N/m$ där N är mätperiodens längd och m är respektive regns ordningsnummer. Denna formel har använts för att få en exakt jämförelse med 1935 års bearbetning.

9.6 Sammanfattning av felanalysen

De ovan angivna felen är att anse som representativa medelfel och enstaka intensitetsvärden kan ha betydligt större fel. Det totala medelfelet kan beräknas enligt

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2 + (\sigma_3)^2 + (\sigma_4)^2}$$

σ_1 = fel i förhållandet mellan uppfångningsytans area och flottörhusets area = $\pm 0,01$

σ_2 = fel som uppstår om urverket går för sakta eller för fort = $\pm 0,02$

σ_3 = vinkelfel mellan diagramtrummans axel och ritstiftets axel = $\pm 0,05$

σ_4 = stansfelet = $\pm 0,05$

σ_5 = sökningsfel vid databearbetningen = $- 0,03$

vilket insatt i ovanstående formel ger $\sigma = \begin{matrix} + 0,07 \\ - 0,08 \end{matrix}$

Alltså ett medelfel i slutresultatet på mellan 5 och 10 %. Till detta bör, vid bedömning av absoluta intensitetsvärden, läggas ett mätfel på ca -10 %.

INTENSITETS - VARAKTIGHETSKURVOR FÖR GÖTEBORG
TIDSPERIODEN 1926-1971

Resultatet av bearbetningen framgår av bilaga 19. Den visar de intensitetsvaraktighetskurvor som framtagits ur hela materialet. Kurvorna är utjämnade medelvärden där varje station viktats i förhållande till respektive mätperiods längd. Spridningen i resultatet mellan de olika stationerna framgår av bilagorna 13-18. Osäkerheten är störst i kurvorna för 10 och 5 års återkomsttid, vilket är naturligt då dessa kurvor bygger på ett mycket litet antal regn. Speciellt 10-årskurvan bör användas med försiktighet. För kortare återkomsttider minskar spridningen för att vara nästan obefintlig för 1/3-årskurvan med längre varaktigheter.

Undantaget är resultatet från mätstationen vid Gullbergsvass. Den ligger betydligt högre i intensitetsvärdena än övriga stationer. Vad detta beror på framgår ej av denna bearbetning. Skulle det vara så att det uppträder fler häftiga regn vid Gullbergsvass är resultatet mycket intressant eftersom det är en stor avvikelse på kort avstånd. Att felet inte beror på vinkelfel vid registreringen (Se 9.3) har kontrollerats.

Om man bortser från Gullbergsvass vid beräkningen av medelvärdet hamnar kurvorna ca 5 % lägre. Se bilaga 23 och 24.

I bilaga 20 är en jämförelse gjord mellan de äldre kurvorna från tidsperioden 1926--1935 och de nya kurvorna för tidsperioden 1926--1971. Resultatet visar att de nya kurvorna ligger ca 10 % lägre. Tidsperioden 1926--1935 var om man ser till årsnederbörden en relativt nederbördsrik period, vilket troligen även har påverkat frekvensen av häftiga regn.

En bearbetning av tidsperioden 1926-1935 enligt samma bearbetningsmetod som de nya kurvorna ger resultatet som ligger ca 3 % under de gamla kurvorna (Se bilaga 21). I övrigt stämmer kurvorna bra överens.

SAMMANFATTNING

En bearbetning av nederbördsregistreringar från fem mätstationer i Göteborg för tidsperioder av varierande längd mellan 1926 och 1971 har gjorts för att ta fram nya intensitetsvaraktighetskurvor för dimensionering av dagvattenledningar. Mätplatserna har varit belägna i Masthugget, Lundbyvassen, Landala, Gullbergsvass och vid Barlastplatsen.

Mätinstrumenten har varit registrerande nederbördsräknare som fungerat enligt flottörprincipen. Registreringarna har gjorts på diagrampapper och bestått av kurvor över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden. Efter utsortering av de häftiga regnen har materialet överfört till hållremsa och bearbetats i dator. Bearbetningsperioderna för de olika stationerna framgår av tabell 6.2.1. Ett regn har därvid definierats som nederbörden mellan två tillfällen då intensiteten är lika med noll under minst en timma. Vidare har sökning efter maximala nederbördsmängder för olika varaktigheter gjorts inom den närmast större varaktigheten (varaktigheter 5, 10,, 70 min). En studie av det fel dessa antaganden medför visar på en avvikelse av ca -3 % (Se bilaga 21 och 22). Återkomsttiden har beräknats enligt formeln $T = (N+1)/m$ där N är antalet stationsår och m är respektive regns ordningsnummer.

Årsnederbörden för de fem stationerna samt vattenverkets station vid Delsjön och SMHI:s station Göteborg framgår av tabell 7.1. Årsnederbörden varierar mellan ca 650 och ca 750 mm. De lägsta värdena hänför sig till stationerna vid Barlastplatsen, Landala och Göteborg (SMHI). Tidsperioden 1926--1935 på vilken dagens dimensioneringsregn bygger var relativt nederbördsrik. En homogenitetskontroll av årsnederbördens förändringar visar stora inhomogeniteter för samtliga stationer utan Barlastplatsen (se bilaga 6-12)

Resultatet av bearbetningen framgår av bilaga 19. De nya kurvorna ligger ca 10 % under kurvorna från 1935 års bearbetning. Stationen vid Gullbergsvass visar exeptionellt höga värden. En jämförelse mellan bearbetningsmetoderna 1935 och 1973 av tidsperioden 1926 - 1935 visar att 1973 års bearbetning ger ca 3 % lägre värden. En felanalys av ingående fel ger ett medelfel i slutresultatet av $\pm (5-10) \%$.

Kurvorna är viktade medelvärden, där varje kurva viktats i förhållande till mätperiodens längd vid respektive station. Den stora avvikelserna i intensitetsvärdena som framkommit mellan Gullbergsvass och de övriga fyra stationerna tyder på att man bör använda olika kurvor för olika delar av kommunen. Resultatet från det nyetablerade stationsnätet bör kunna ge besked om vilka ungefärliga variationer i frekvensen av häftiga regn som förekommer.

På grund av långperiodiska förändringar i klimatet kan de möjliga intensitetsvärdena för t ex en 30-årsperiod kanske ligga ytterligare $\pm 5 \%$ från den utritade kurvan (Jämför t ex bilaga 1, 2 och 19).

12 REKOMMENDATIONER

För dimensionering av dagvattenledningar i Göteborg rekommenderas tills vidare intensitets - varaktighetskurvor grundade på mätning av häftiga regn i Göteborg under perioden 1926--1971 redovisade i bilaga 19.

Intensitets - varaktighetskurvor med återkomsttiden ett, två och fem år finns separat redovisad i bilagor 25, 26 och 27 med inlagda felgränser på $\pm 8\%$. Kurvan visar de intensitetsvärden som sannolikt i medeltal uppnås eller överskrides vartannat år.

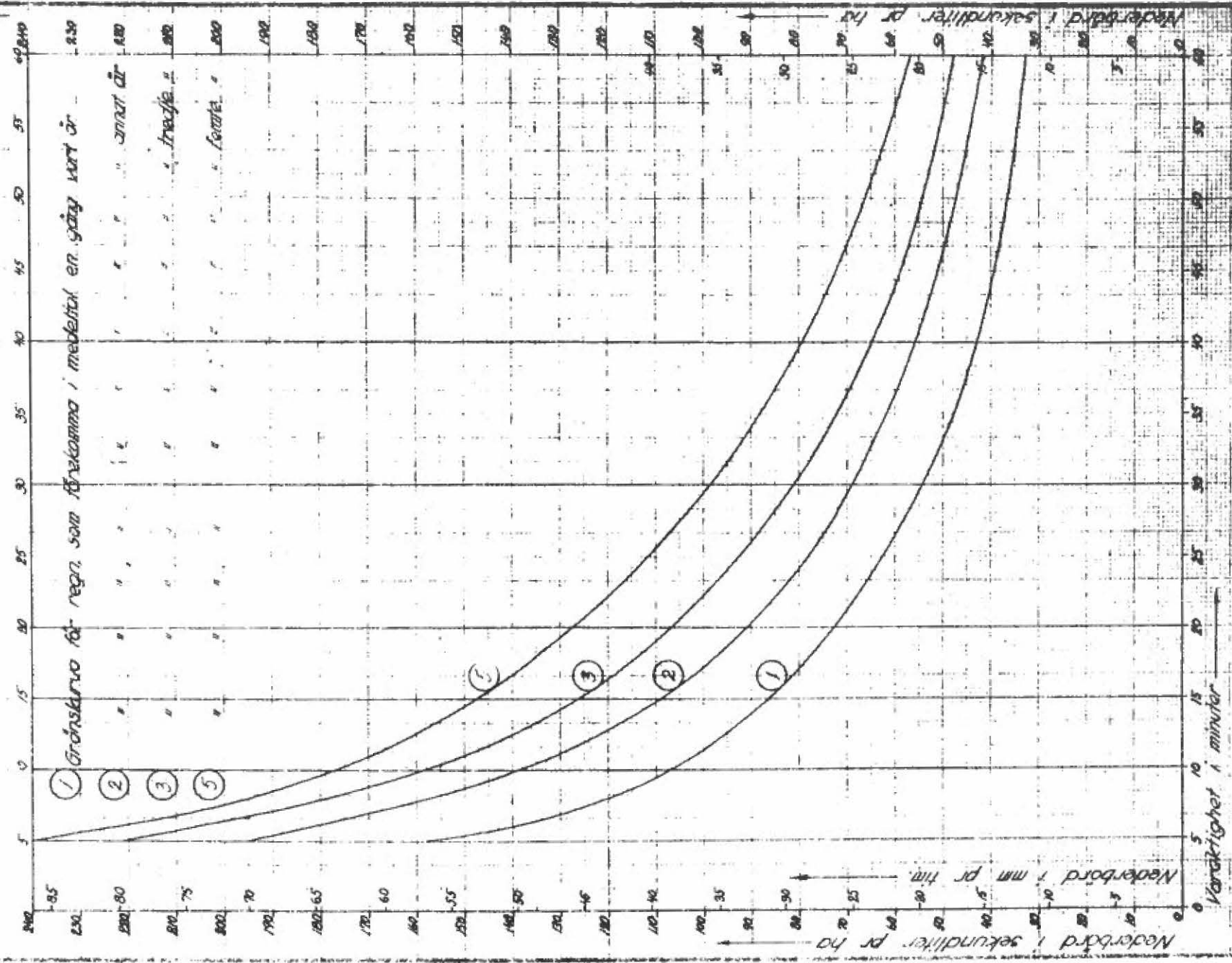
Det totala medelfelet $\pm 8\%$ innefattar instrument- och bearbetningsfel. Vid bedömning av absoluta nederbördsvärden kan ett mätfel på ca - 10% dessutom förekomma. Resultatet visar att stora lokala variationer kan förekomma varför kurvsambanden endast torde vara representativa för centrala Göteborg.

13 LITTERATURFÖRTECKNING

- (1) Ehlert Kurt
Homogenitetskontroll av hydrologiska tidsserier.
Nordisk Hydrologisk Konferens 1972
Sandfjord 6-8 sept
Bind 2, Oslo 1973
- (2) Falk B H-son
Utredning angående nederbördsförhållandena i Stockholm
och Uppsala med särskild hänsyn till dimensionering av
avlopp.
Byggnadsdelegationen för storflygplatsen. Stockholm 1951.
- (3) Göteborgs Stadsfullmäktighandlingar
Göteborgs Gatukontors årsberättelser 1926-1959
Göteborgs vattenverks årsberättelser 1926-1959
- (4) Göteborgs vatten- och avloppsverk
Årsberättelser 1960-1971
- (5) Dahlström, Bengt
Investigation of Errors in Rainfall Observations
Department of Meteorology, Univ of Uppsala, Sweden
Reports nr 34, Uppsala 1973
- (6) Höganäs Avloppshandbok
Höganäs AB. Lund 1972
- (7) Dalrymple Tate
Flood - Frequency Analysis
Manual of Hydrology: Part 3 Flood-Flow Techniques
Geological Survey Water-Supply Paper 1543-A
Washington 1960

Gränskurvor för starka regn i Göteborg

Kurvan är sannolika medelvärden uträttade från regndiagram v.s. i:
 Gullbergsvass under 39-års perioden 1897-1935
 Masthuggar " " " " 1908-1935
 Långala " " " " 1913-1935
 Backsbacken " " " " 1917-1935
 Lunby " " " " 1921-1935



1935

Bilaga 4

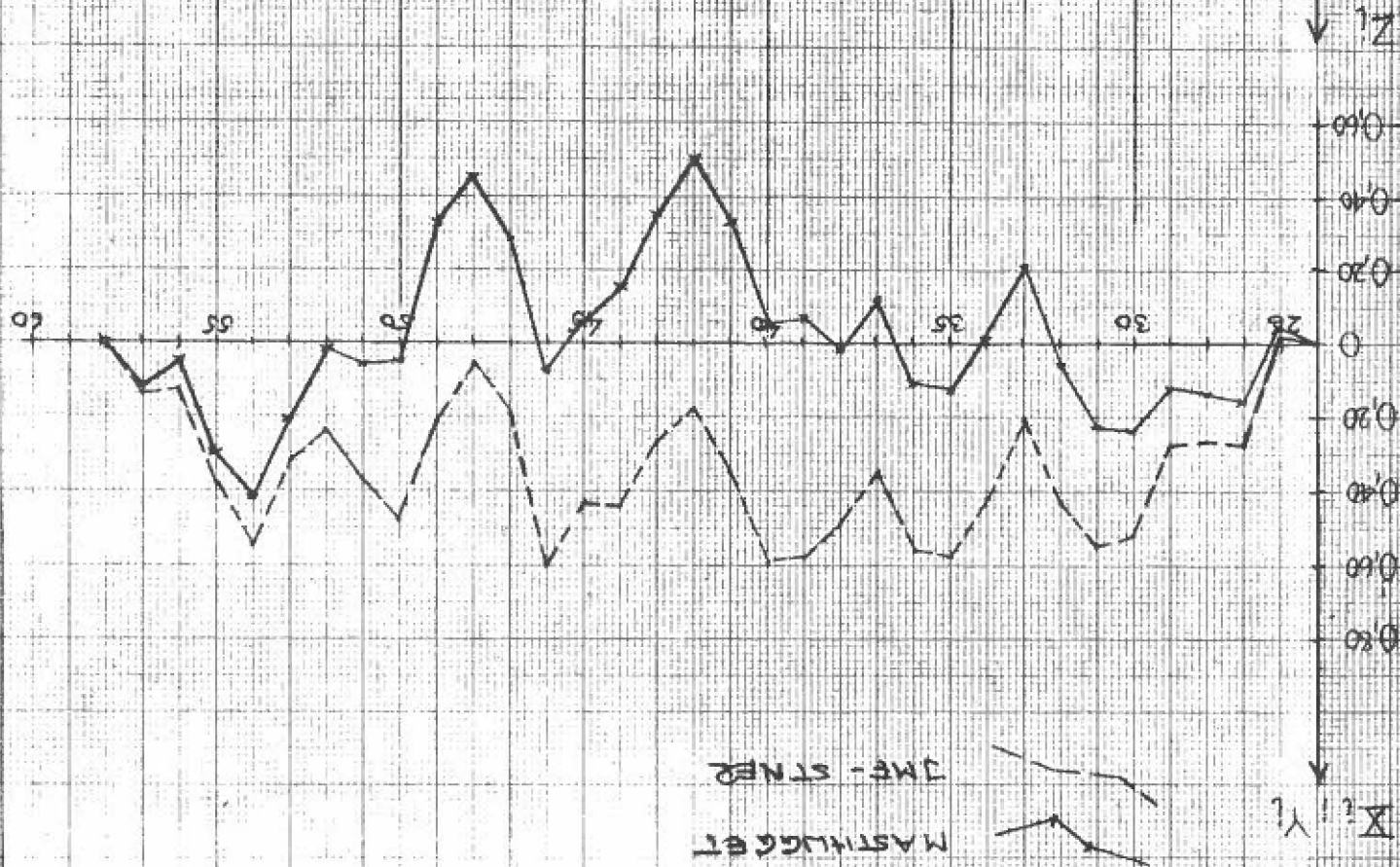
Intensitet, l/s · ha								
Varaktighet min.	Stockholm	Göteborg	Malmö	Norrköping	Helsingborg	Uppsala	Borås	Medelvärde
10	134	154	118	122	132	135	130	132
15	109	129	91	103	104	110	113	108
20	93	111	75	91	85	90	100	92
25	81	98	65	81	73	77	90	81
30	71	87	59	74	65	69	82	72
35	64	78	53	68	59	61	76	65
40	58	71	48	63	52	56	69	60
45	54	66	42	60	48	51	64	55
50	50	61	38	56	45	46	59	50
55	46	56	35	53	41	43	54	47
60	43	53	32	50	38	40	50	44
Årsnederbörd (1901-1930), mm								
	569	738	582	483	-	544	903	636

Sambandet mellan 2-årsregnets intensitet och varaktighet i några svenska städer. Ur Höganäs avloppshandbok (6)

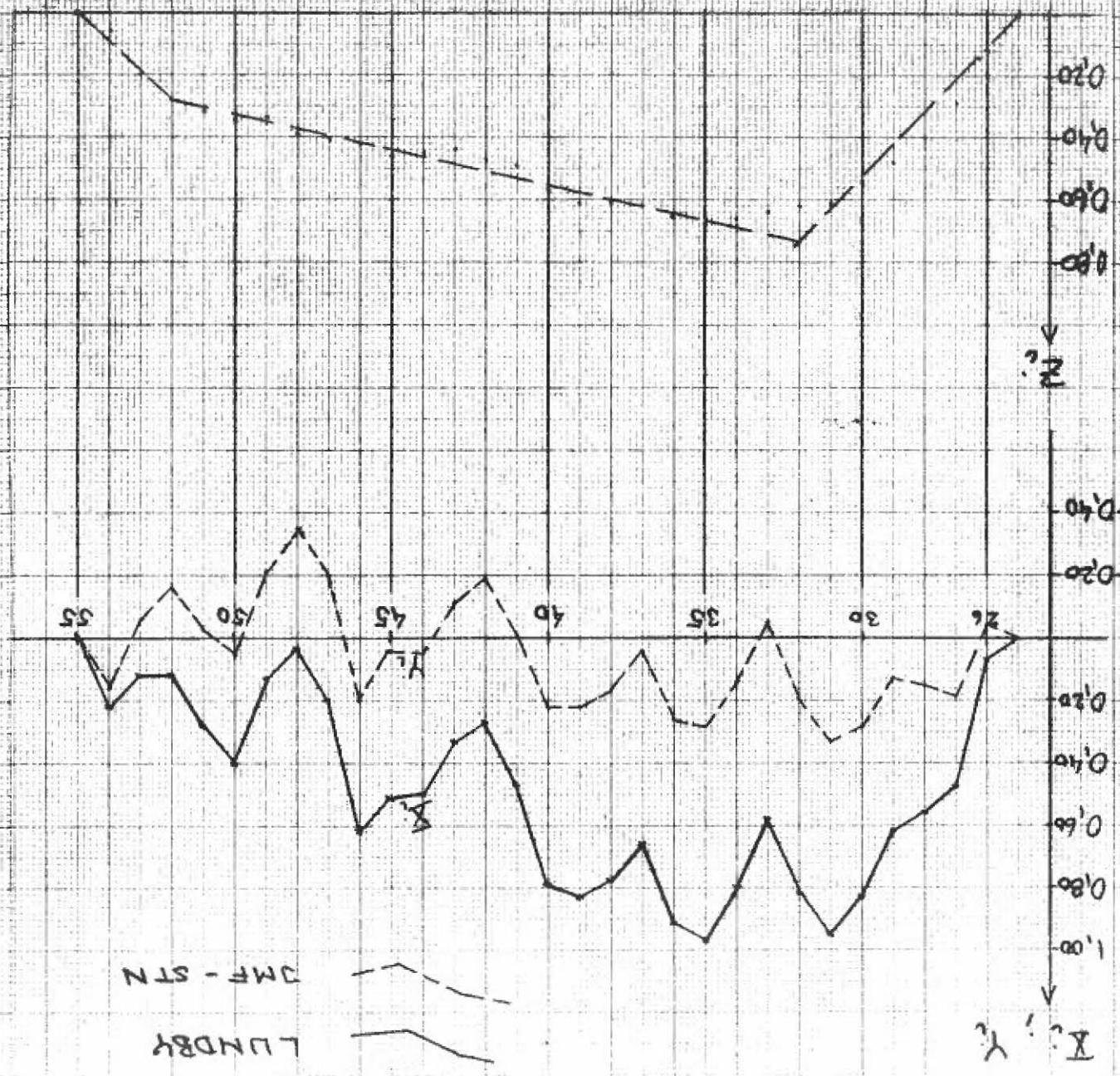


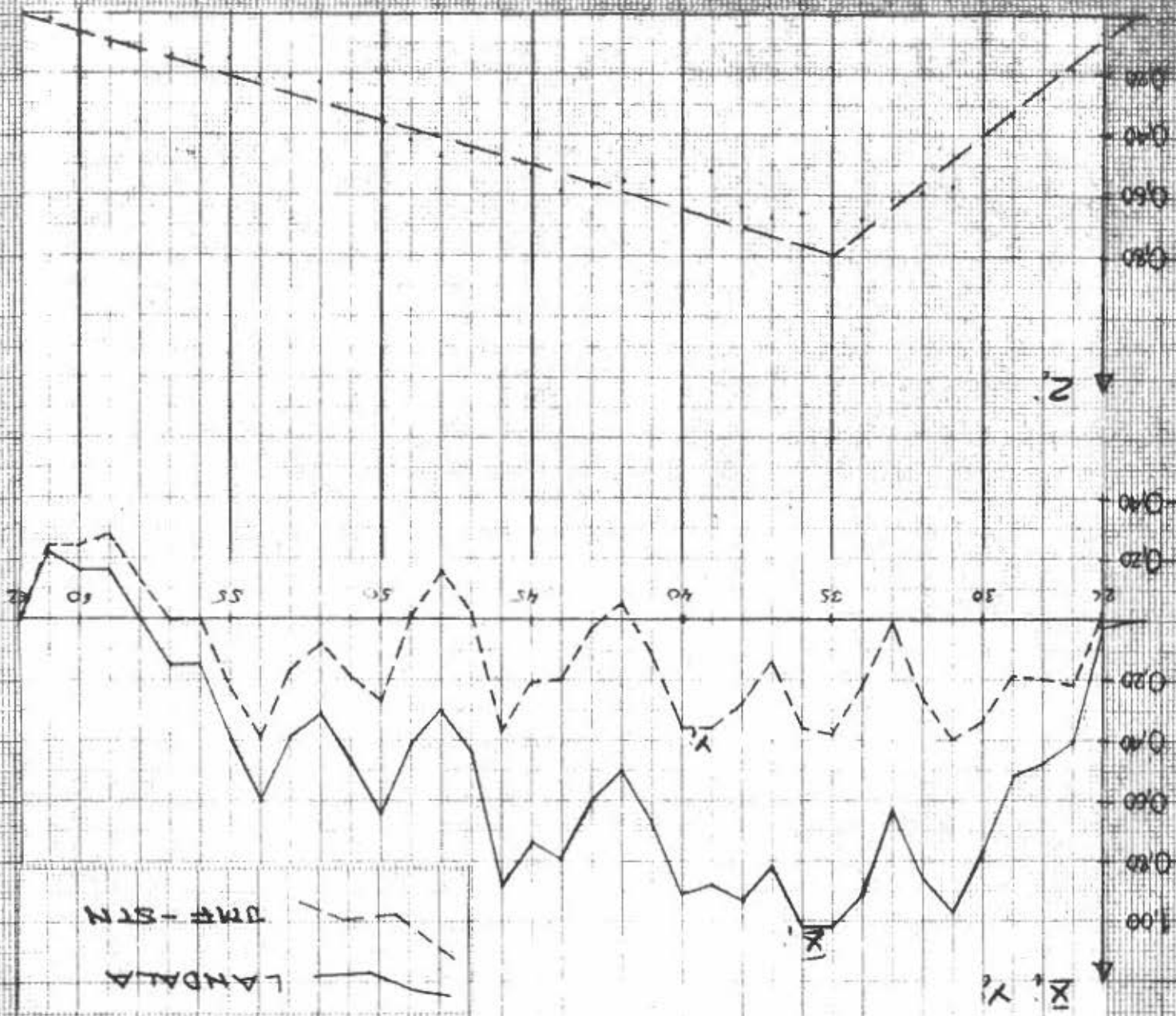
ÄLDRE NEDERBÖRDSSTATIONER

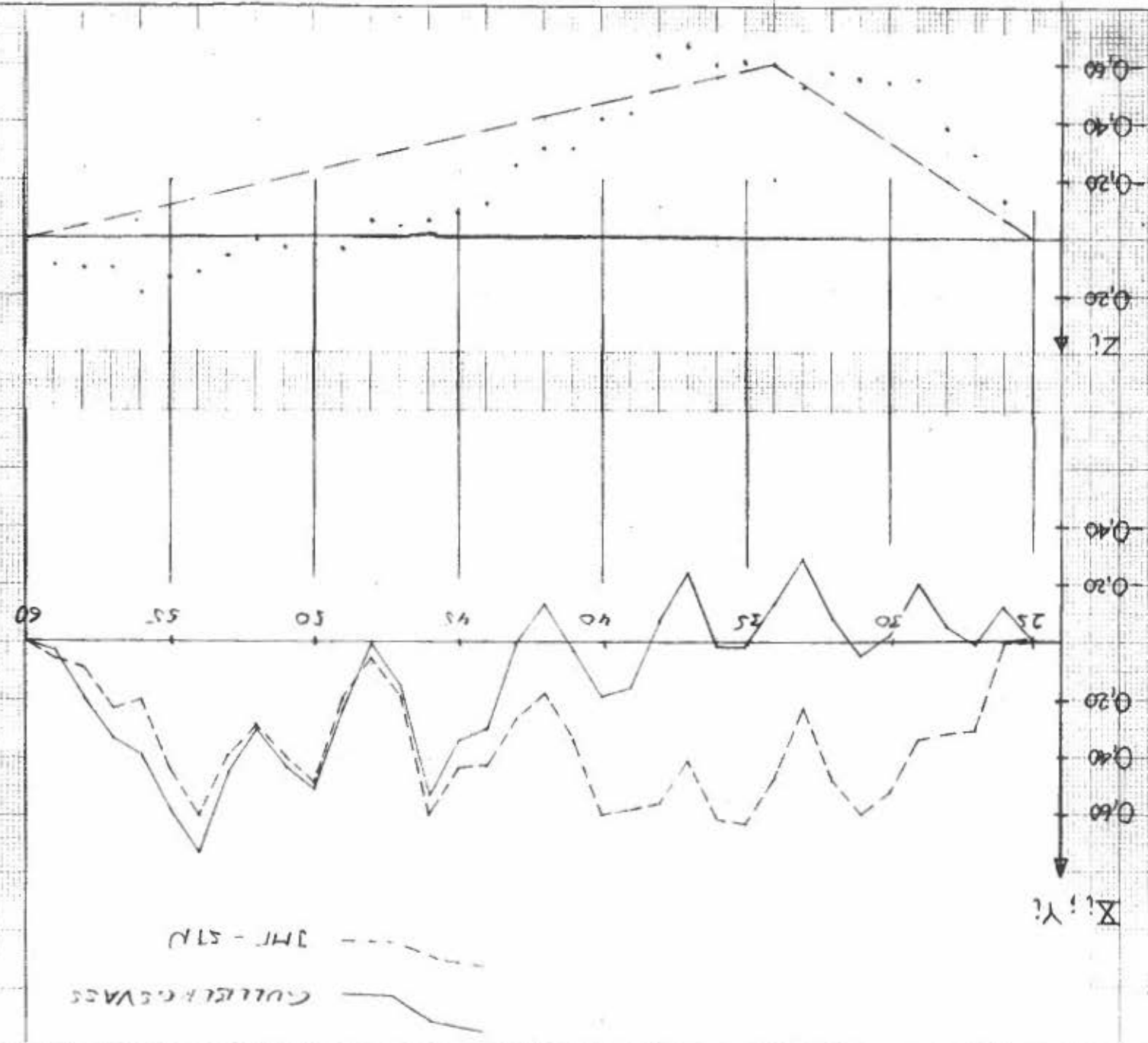
	Mätperiod
1. Masthuggen (001)	1902 - 1958
2. Lundby (002)	1920 - 1955
3. Landala (003)	1913 - 1962
4. Gullbergsvass (004)	1897 - 1963
5. Barlastplatsen (005)	1917 - fortfarande i drift



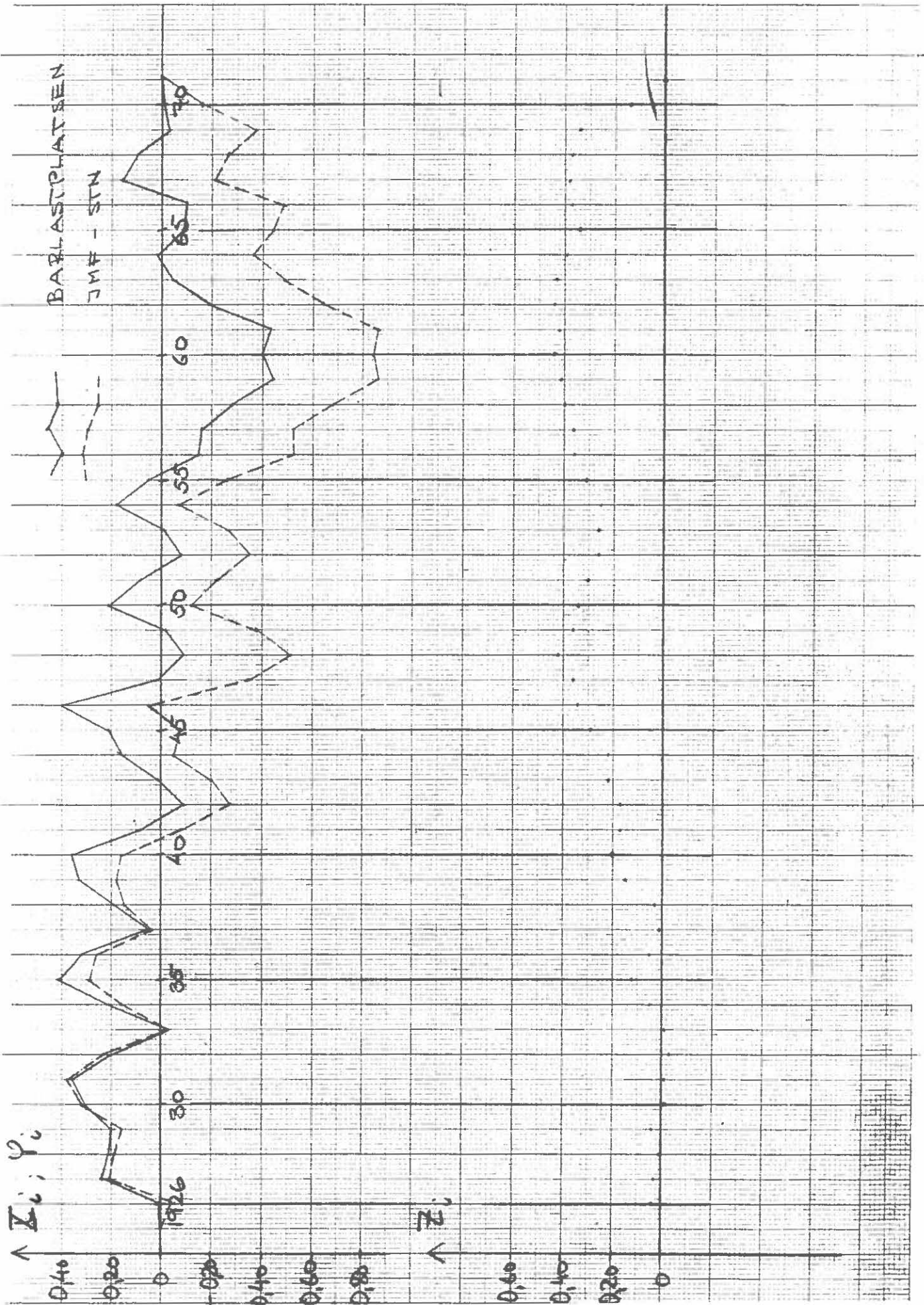
Homogenitetskontroll av mätserien:
LUNDBY 002



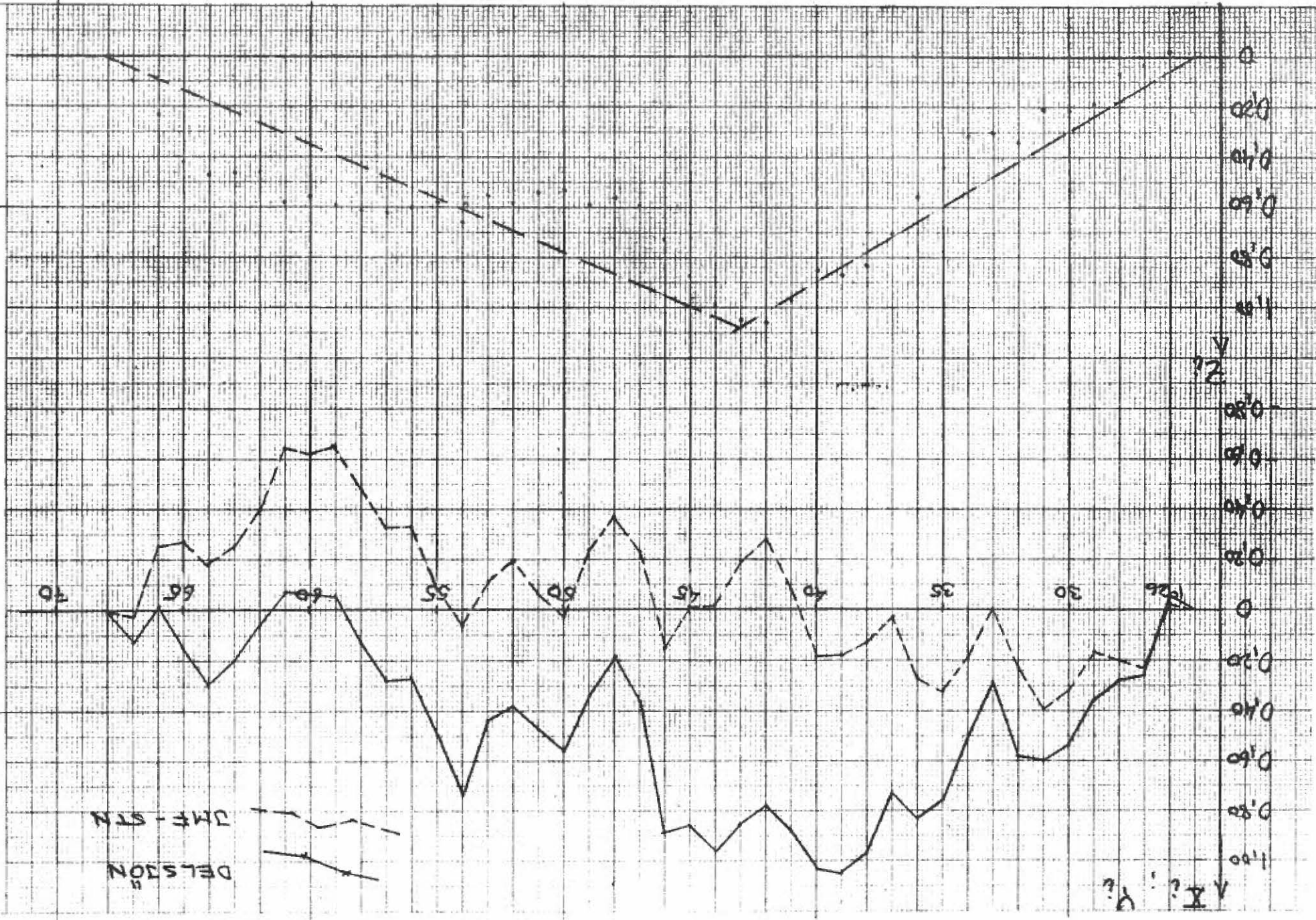




BARLASTPLATSEN 005

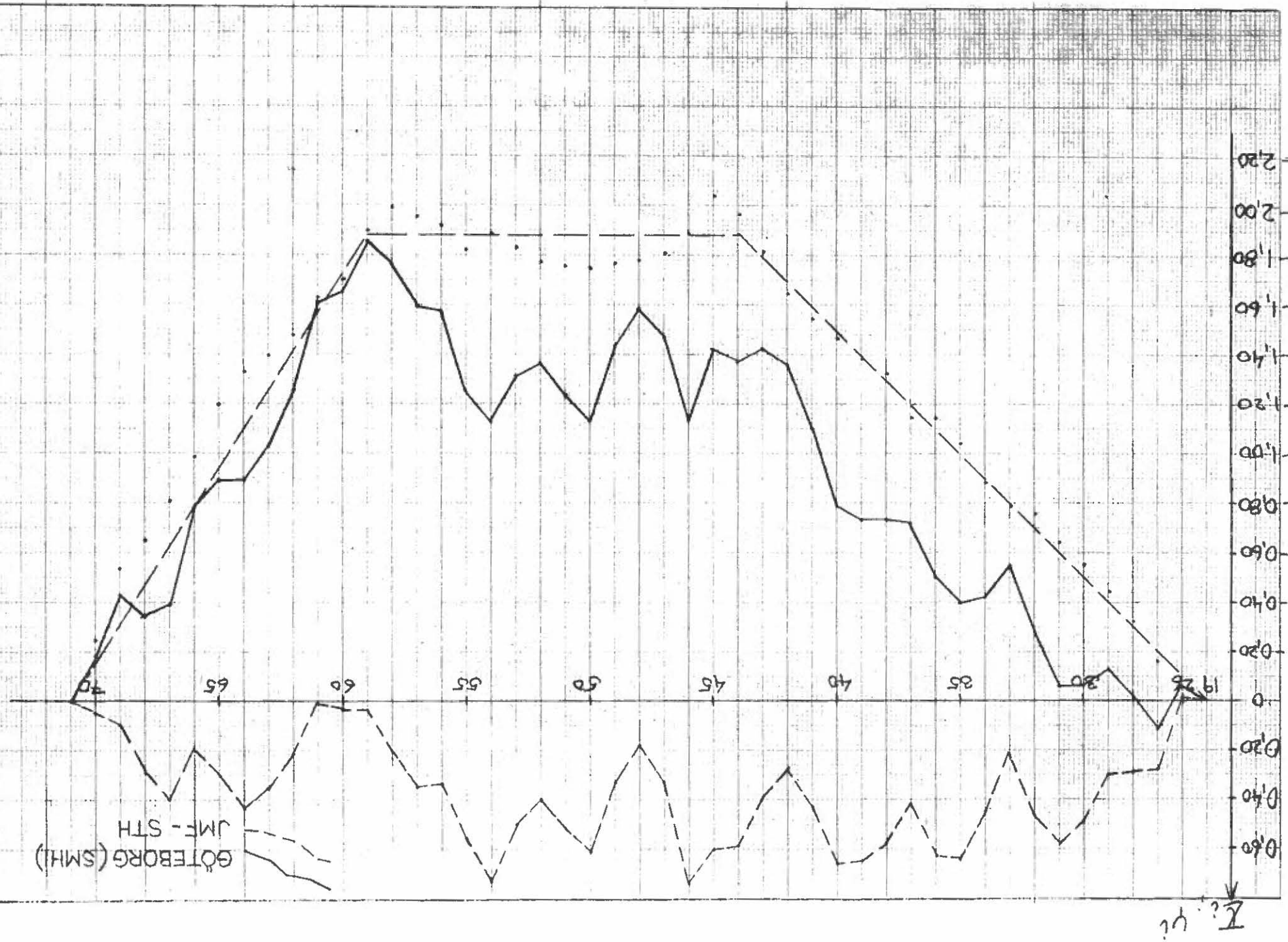


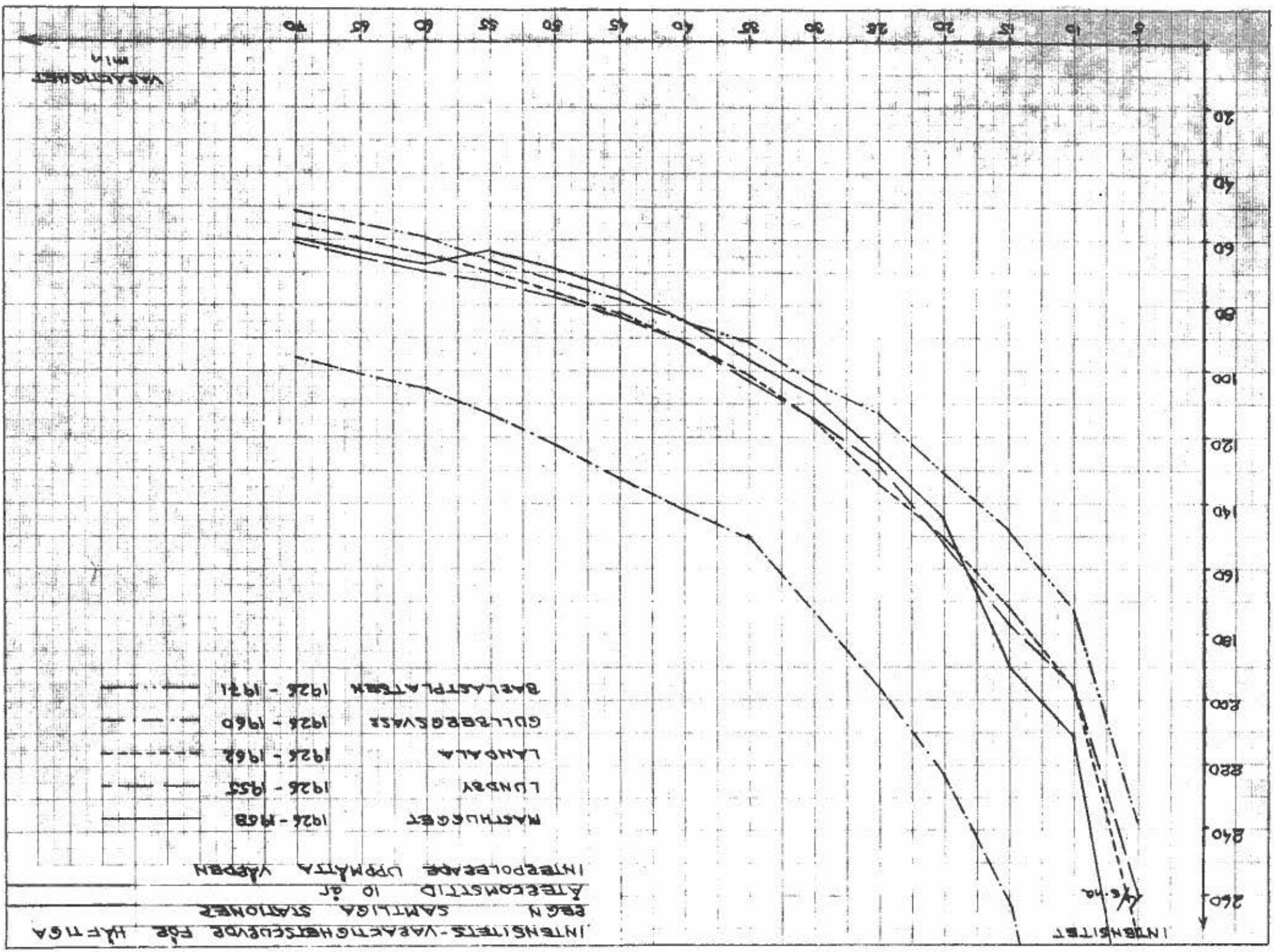
DELSJÖN

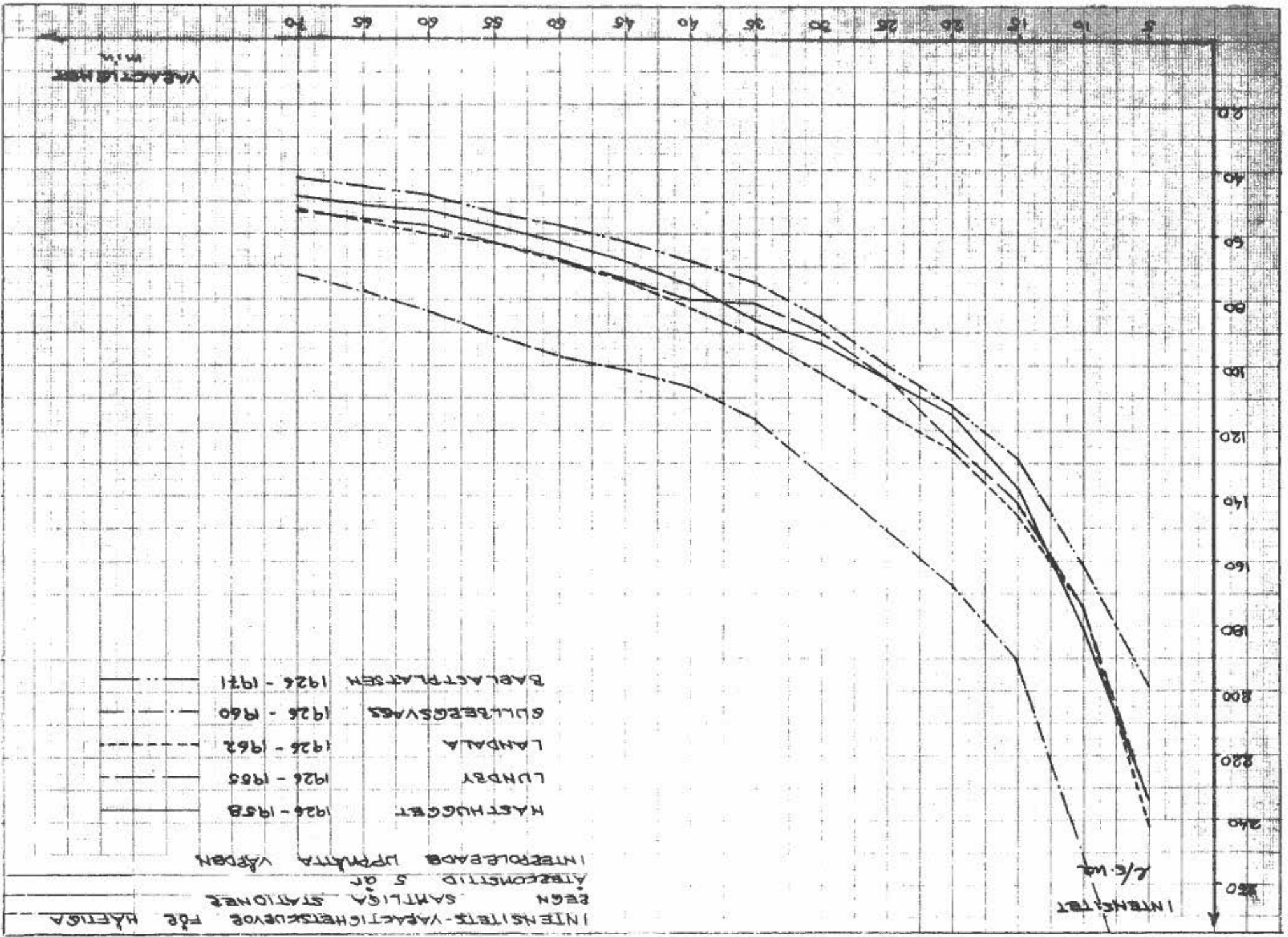


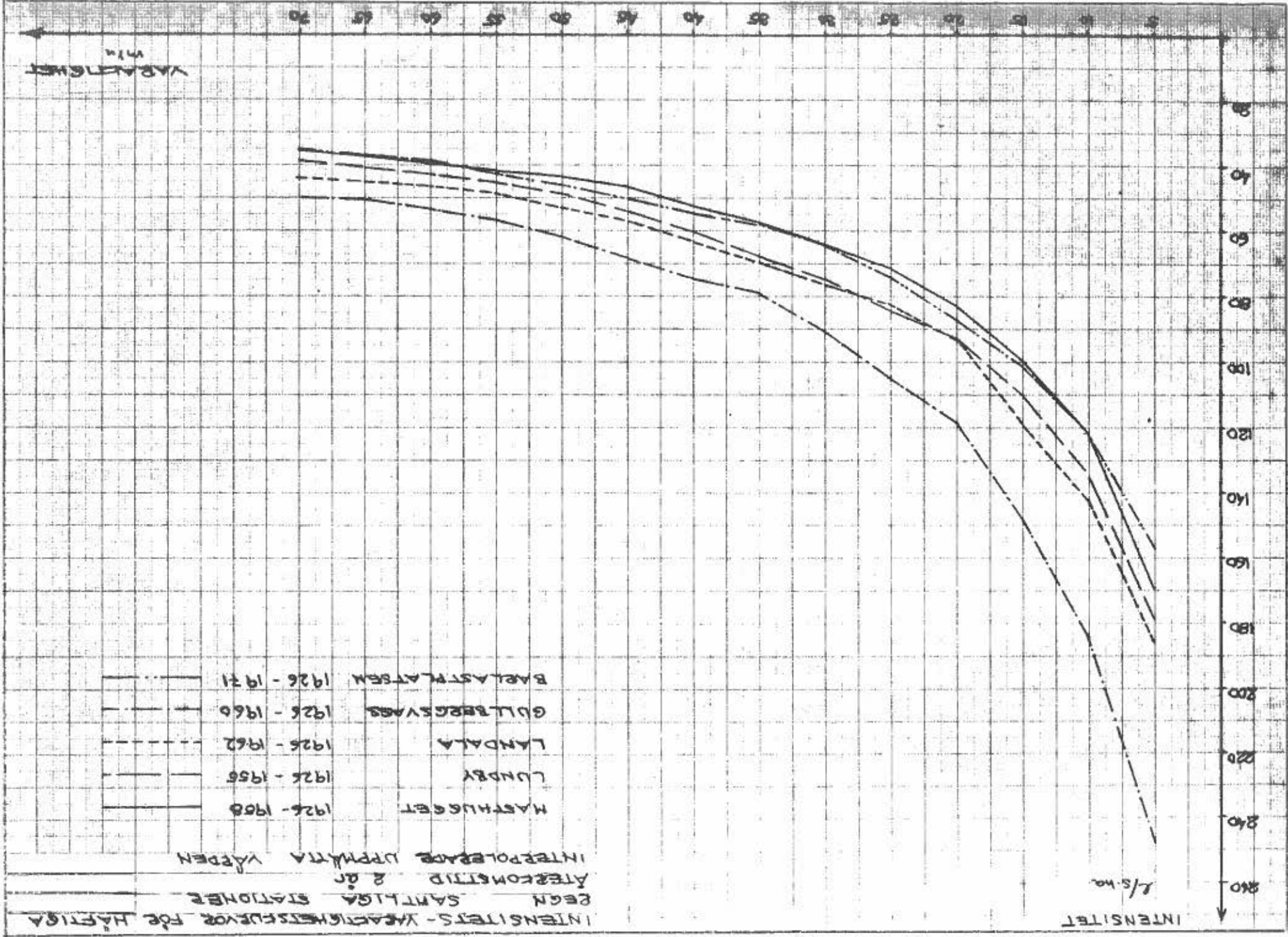
DELSJÖN
JMF-STN

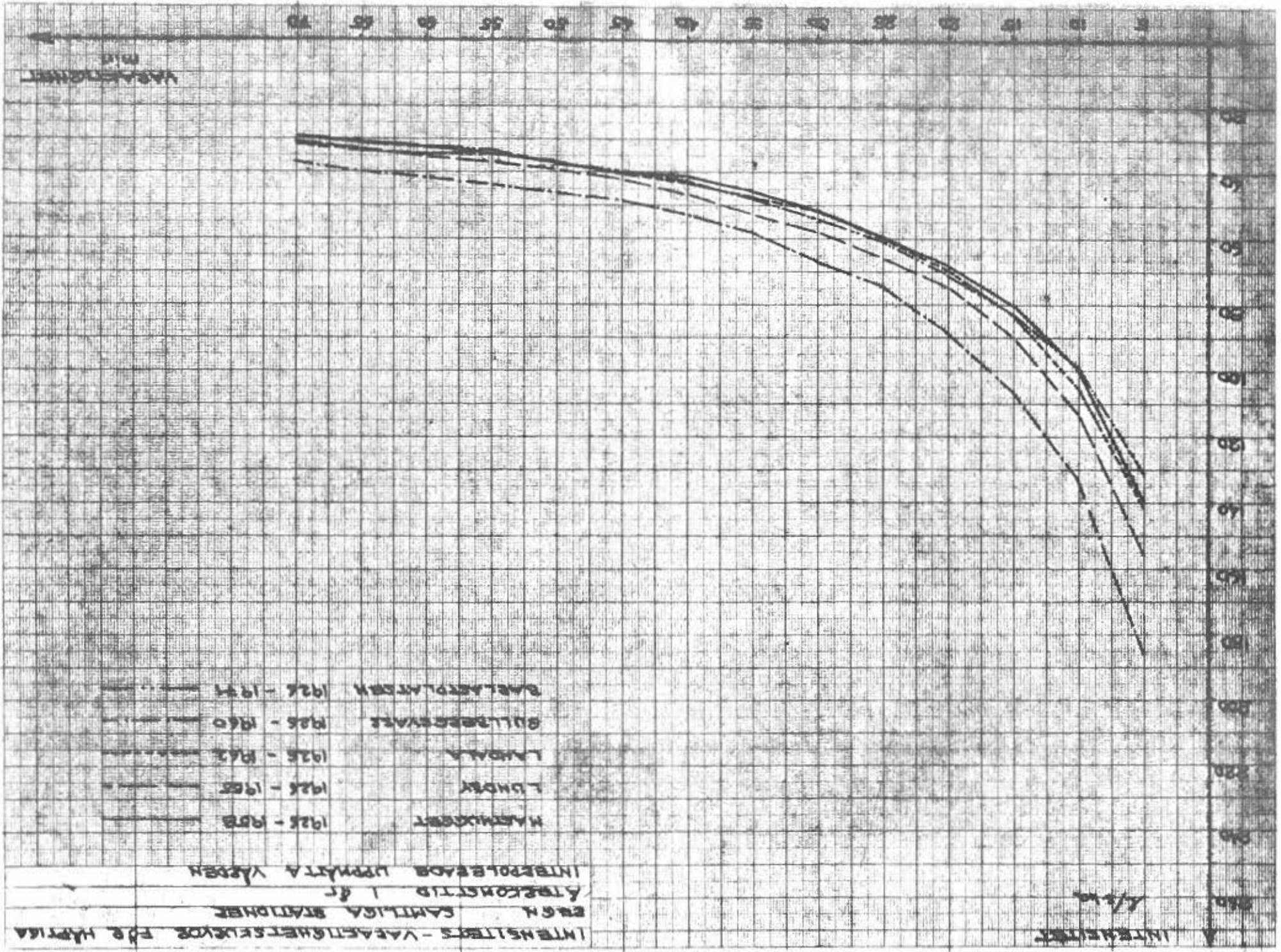
GÖTEBORG (SMHI)

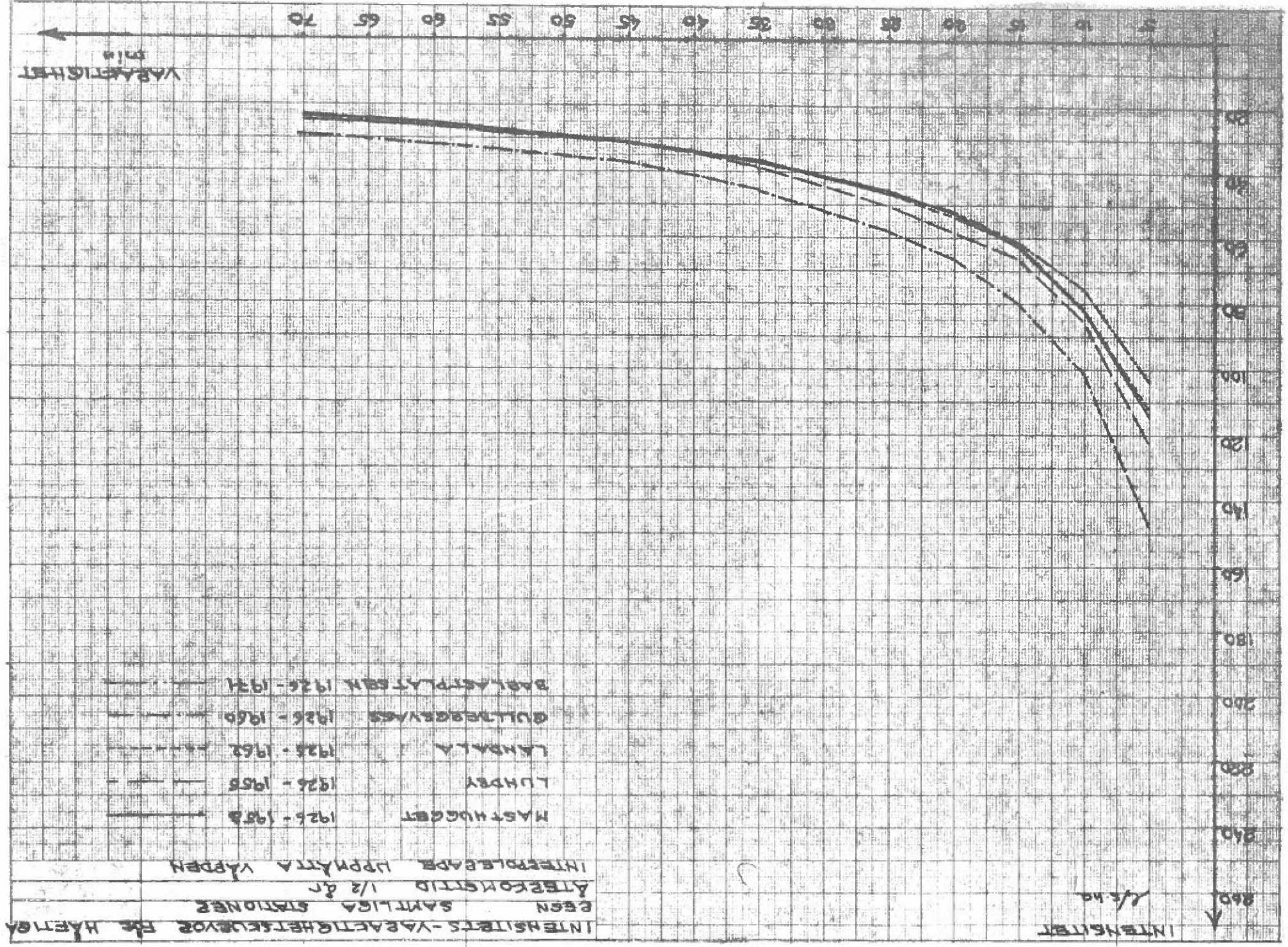


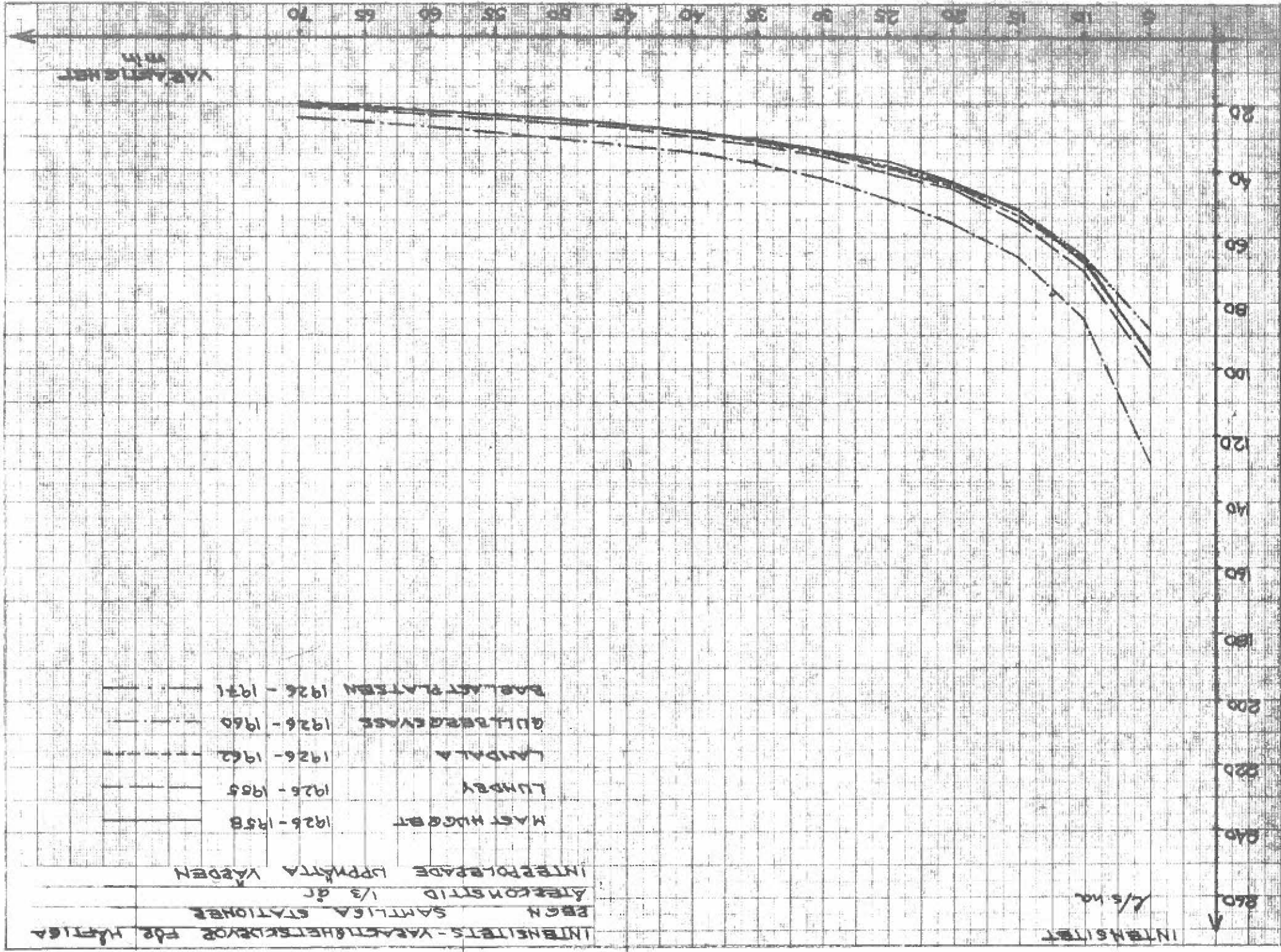


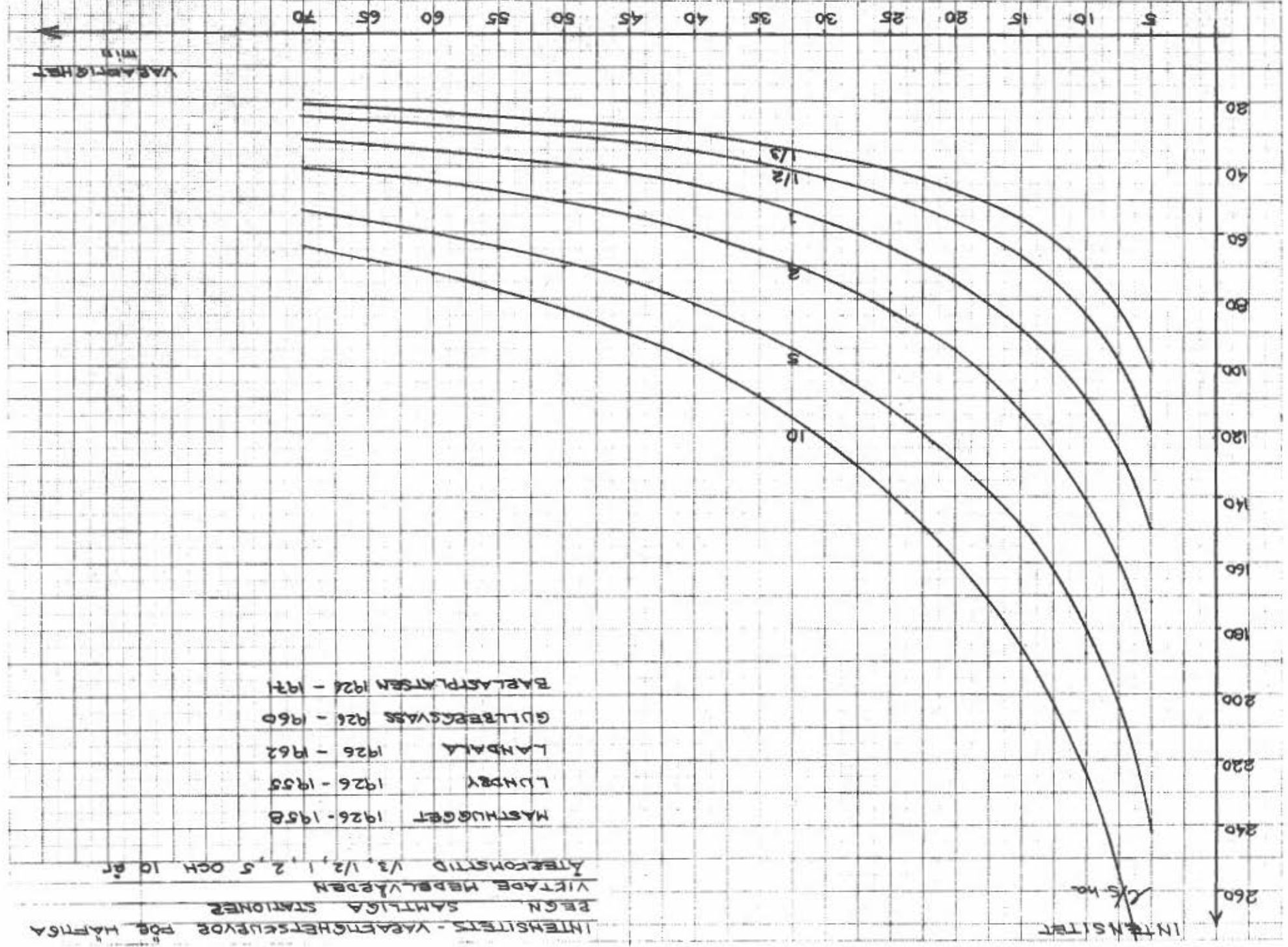


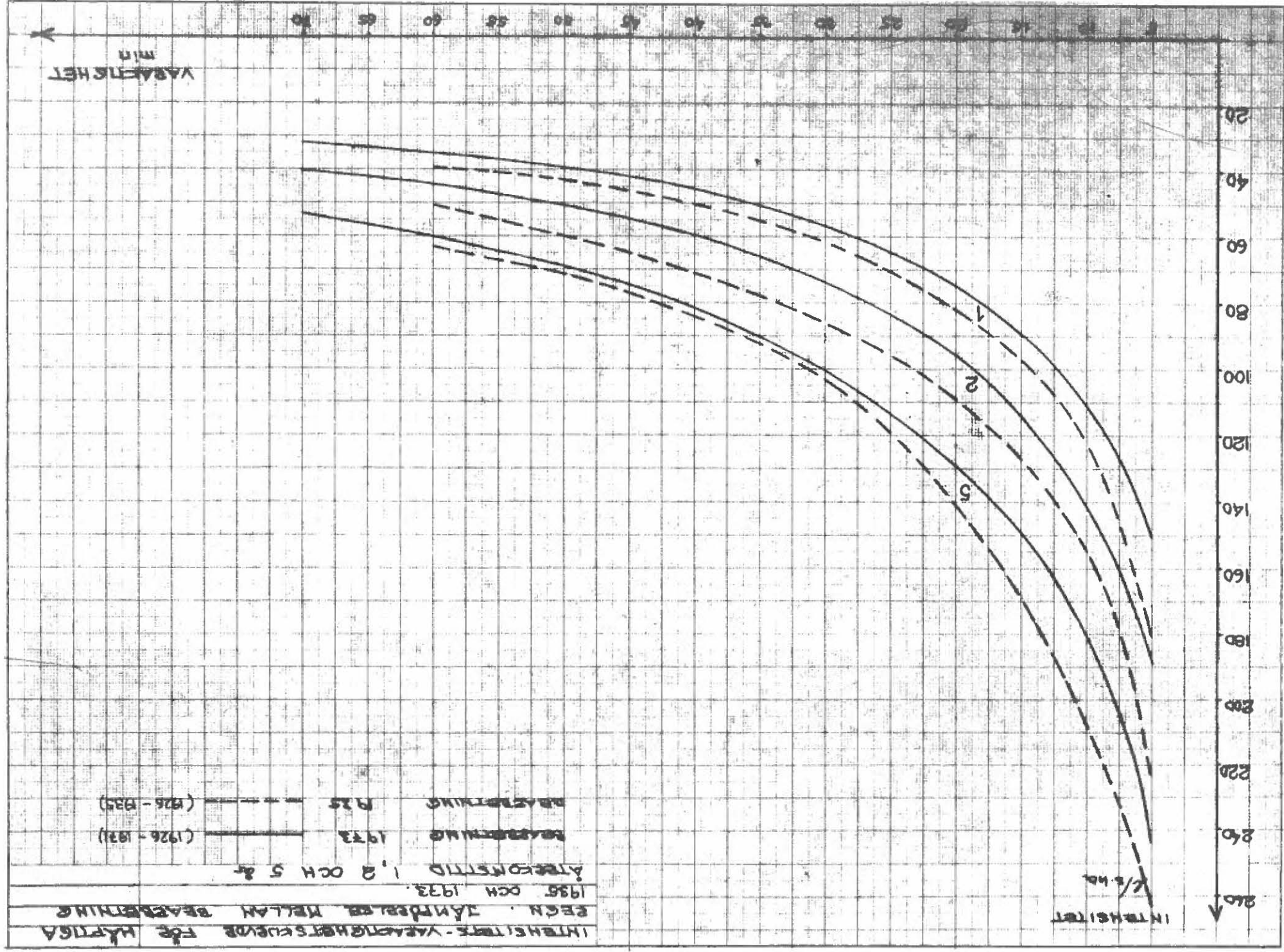


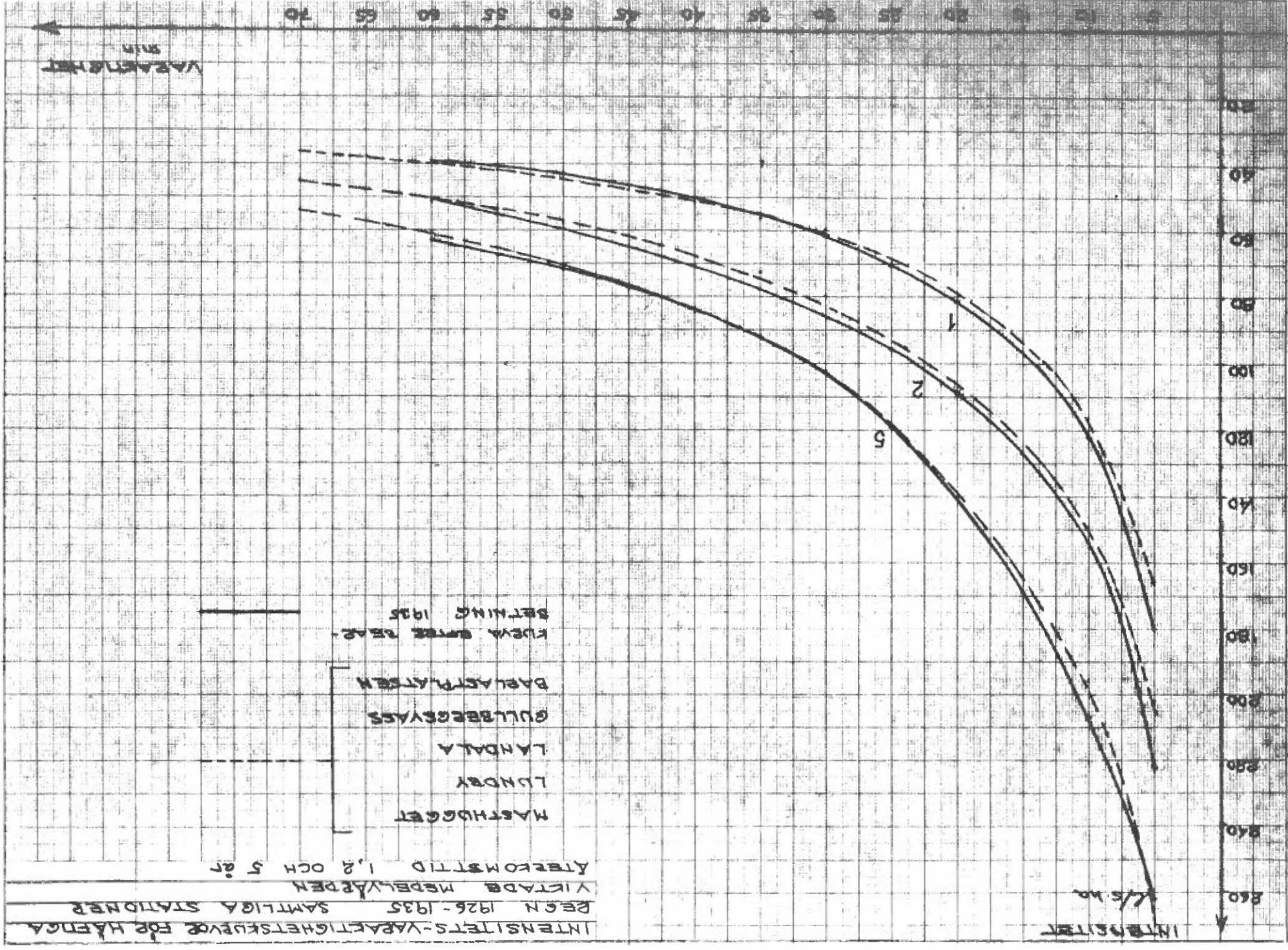


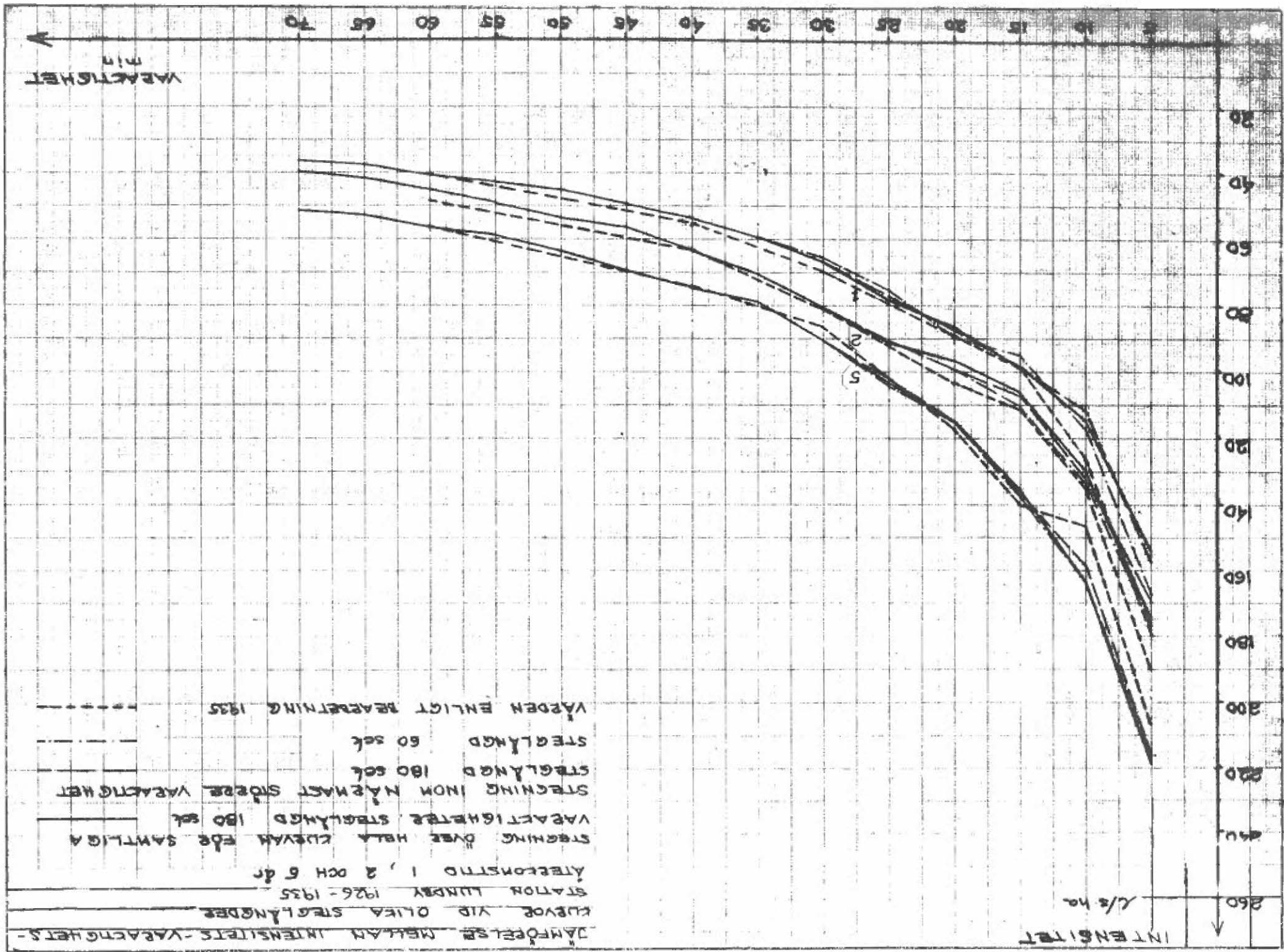












JÄMFÖRELSE MELLAN INTENSITETS-VÄRDEHETS-

KUEVOR VID OLIKA STÄGLÄNDE

STATION LUNDBY 1926-1935

ÅRETSOMSTÄD 1, 2 OCH 6 d r

STÄNGING ÖVER HÅLA KUEVAN EDE SANTLIGA

VÄRDEHETS STÄGLÄND 180 sek

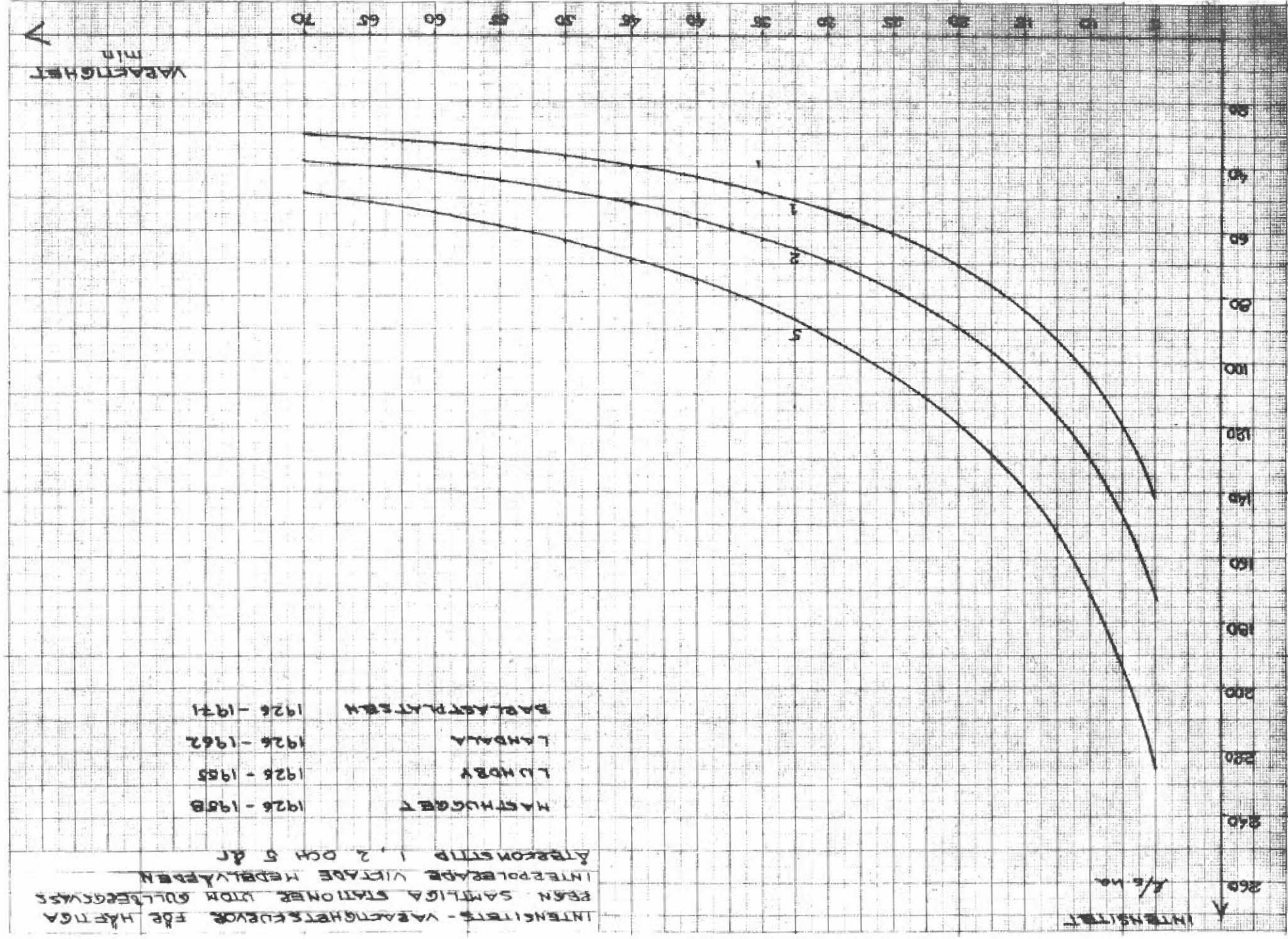
STÄNGNING INOM NÄRMAST STÖRRE VÄRDEHET

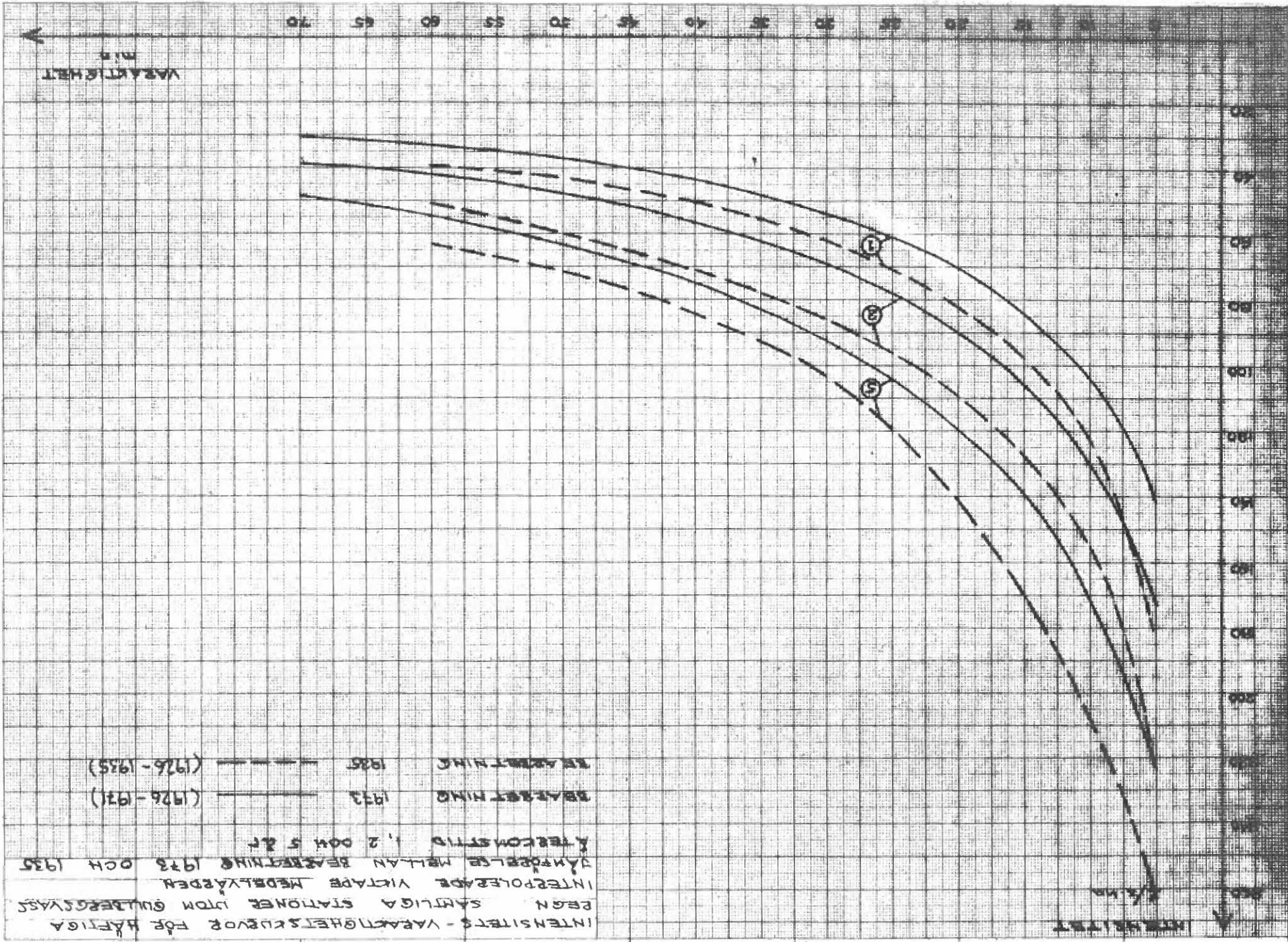
STÄGLÄND 180 sek

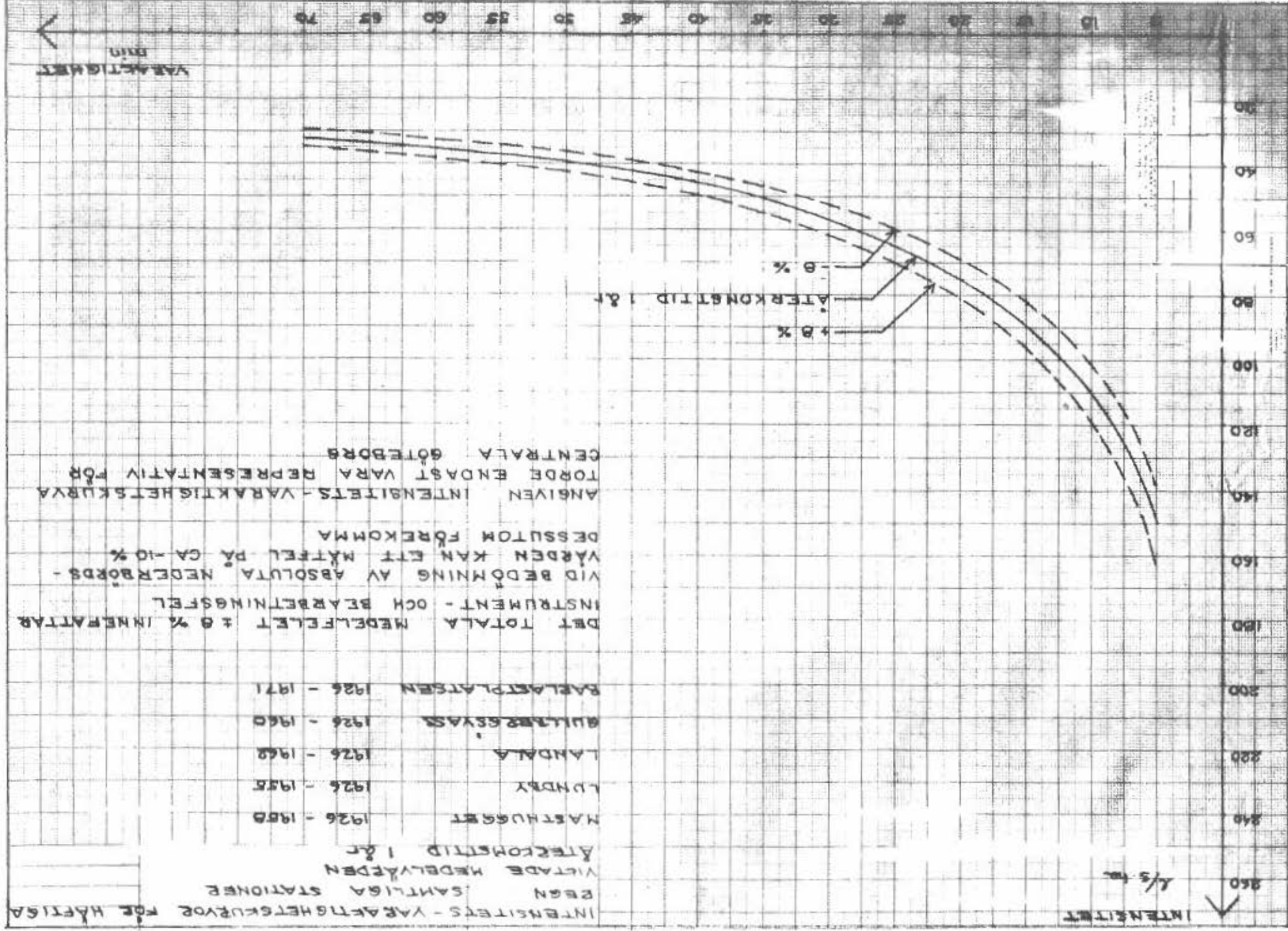
STÄGLÄND 60 sek

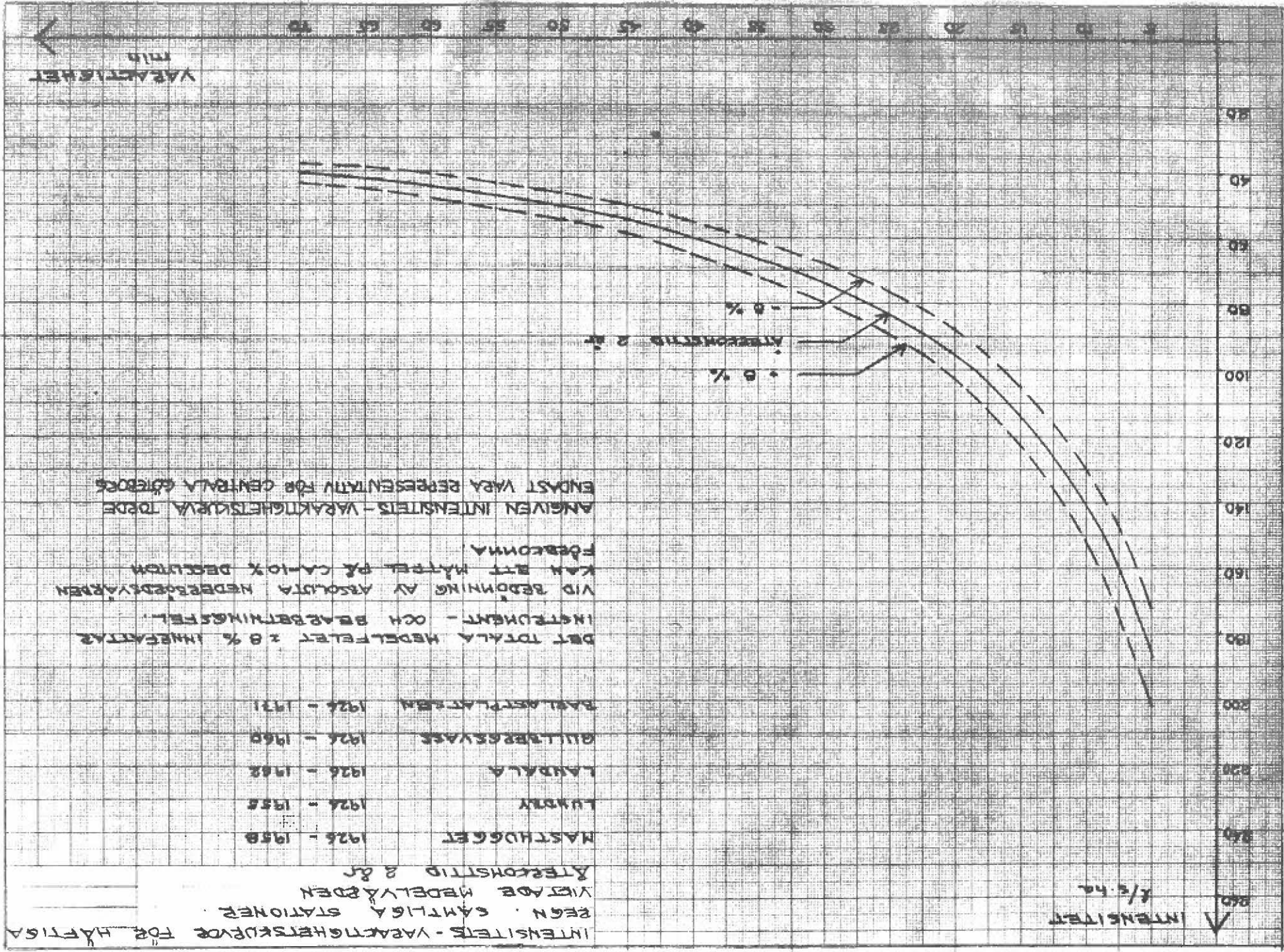
VÄRDE ENLIGT BEARBETNING 1935

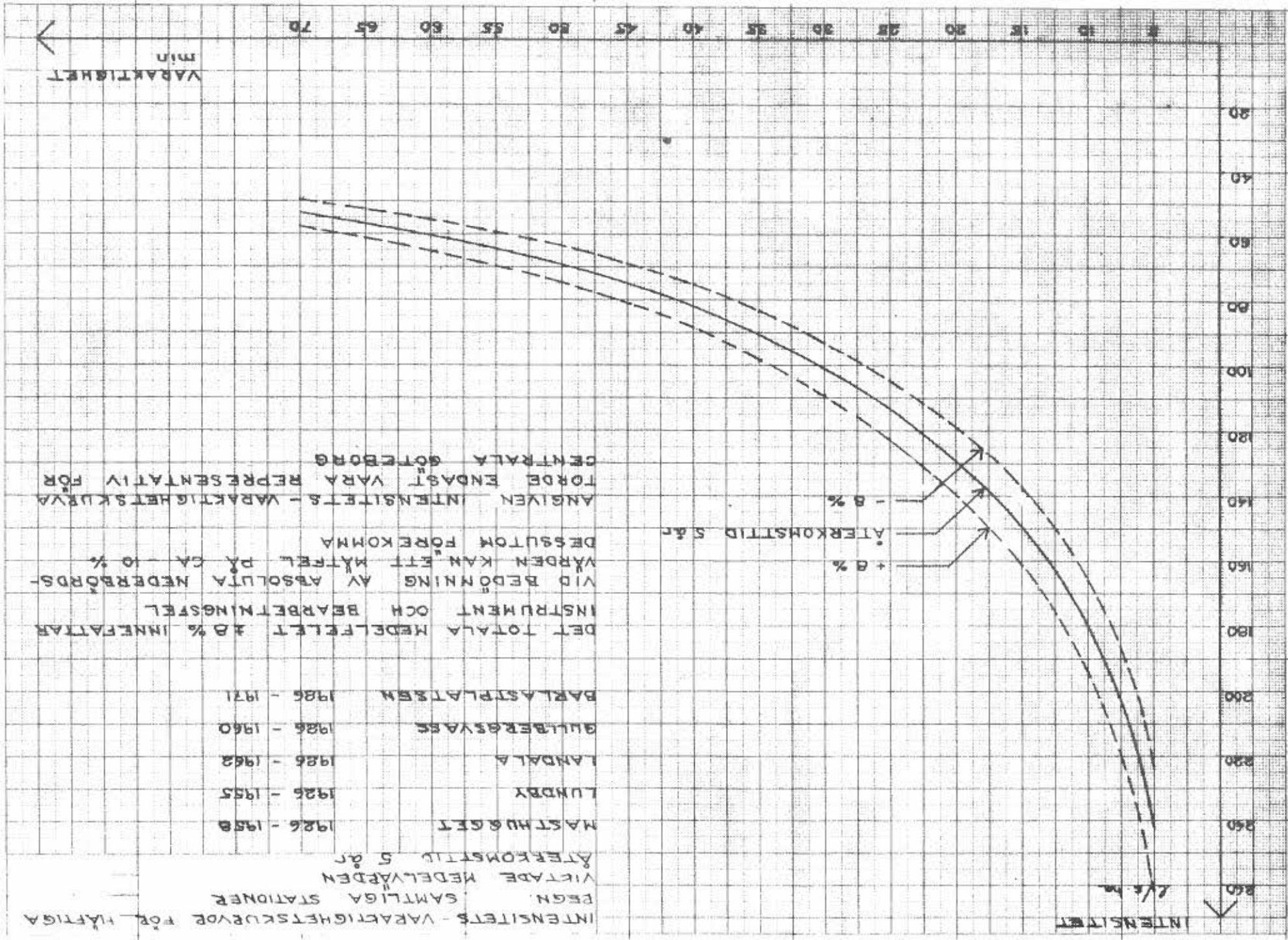
INTENSITET
L/s ha











Chalmers Tekniska Högskola

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-
avrinning och grundvattenbildning.
Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01).
1973.
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1.
Evaluering av akviferers geohydrologiska
data med hjälp av provpumpningsdata.
1973.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2.
Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska
diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata.
1973.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En samman-
ställning av några olika räknartyper.
1973.
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga
regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926 - 1971. 1974.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-
avrinning och grundvattenbildning.
Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01).
Göteborg 1974.

- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974.
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Models for Gradually Varied Unsteady Free Surface Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974.
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974.
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974.
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Rapport från arbetsgruppen "Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper". Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969 - 1972. The character and properties of urban storm water results from investigations in Stockholm and Gothenburg 1969-72. English summary. 1974.