

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern  
Oslo 3

Rapportnummer: 0-83005 F-83450
Undernummer:
Løpenummer: 1544
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  Arealfordeling av korttidsnedbør	Dato: 15. oktober 1983
Forfatter(e):  Oddvar Lindholm	Prosjektnummer: 0-83005 F-83450
	Faggruppe: Urban hydrologi
	Geografisk område: Norge, Oslo
	Antall sider (inkl. bilag): 74

Oppdragsgiver: NTNFs VAR-utvalg, VEAS, Norsk hydrologisk komité og NIVA	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Arealfordeling av korttidsnedbør på 7 stasjoner i Oslo-området er analysert over en 6-års periode. Variasjonene i intensitet fra stasjon til stasjon er meget store i samme tidspunkt. Lignende undersøkelser i Tyskland, U.S.A. og Sverige (Lund) viser ikke på langt nær så store utslag som for Oslo-området. Den topografi som norske byer stort sett har, innebærer at bruk av ureduert intensitet målt i et punkt ikke bør brukes ukritisk. Variasjon i regnintensitet over arealet bør tas hensyn til ved arealer større enn 1 - 3 km<sup>2</sup> og for relativt korte regnvarigheter.

4 emneord, norske:
1. Korttidsnedbør
2. Hydrogram
3. Arealfordeling
4. Pluviografer

4 emneord, engelske:
1. Short term precipitation
2. Hydrographs
3. Areal distribution
4. Pluviographs

Prosjektleder:

*Oddvar Lindholm*

Oddvar Lindholm

Divisjonssjef:

*Egil Gjessing*

Egil Gjessing

ISBN 82-577-0689-2

For administrasjonen:

*J. E. Sandal*

J. E. Sandal

*Lars N. Overrein*

Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

O-83005  
F-83450

AREALFORDELING AV KORTTIDSNEDBØR

Oslo, 15. oktober. 1983

Prosjektleder: Oddvar Lindholm

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
1. FORORD	2
2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
3. INNLEDNING - PROBLEMORIENTERING	5
4. TIDLIGERE ARBEIDER FRA SKANDINAVIA OM AREALFORDELING AV KORTTIDSNEDBØR	9
5. METODER FOR Å BEREGNE AREALNEDBØR	13
6. PROSJEKTFORUTSETNINGER	15
7. RESULTATER OM AREALFORDELING AV NEDBØR	20
8. INNVIRKNING PÅ HYDROGRAMMER FRA AVLØPSFELT	49
9. LITTERATURHENVISNINGER	56
V E D L E G G	
A Arealreduksjonsfaktorer ved diverse ulike betingelser.	57

F O R O R D

Prosjektet "Arealfordeling av korttidsnedbør" er et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Det norske meteorologiske institutt (DNMI).

Prosjektet er finansiert med midler fra Norsk Hydrologisk komité (NHK), NTNFs VAR-utvalg, VEAS og NIVAs egne forskningsmidler.

Statsmeteorolog Knut Arne Iden og førstemeteteorolog fullmektig Nils O. Langgård, DNMI, har skaffet frem data-taper fra de aktuelle PLUMATIC-målerene.

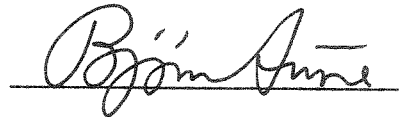
Siv.ing. Sveinung Sægrov har bidratt med verdifulle diskusjoner.

Prosjektet ble startet 1. desember 1982 og avsluttet 15.10.1983.

Oslo, 15. oktober 1983.



Oddvar Lindholm  
NIVA



Bjørn Aune  
DNMI

## 2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Ved dimensjonering av avløpsanlegg som berøres av overvannsavrenning, og ved simulering av overvannsavrenning, har det stort sett utelukkende vært benyttet ureduerte regnintensiteter fra intensitet-varighet-frekvens (I-V-F) kurver. Slike kurver er basert på punktmålinger og er egentlig ikke representative for mer enn det arealet som pluviografens oppsamlingsskål har.

Av litteratur om det emnet som denne rapporten beskriver, er det hovedsakelig arbeidene til Niemczynowich (13) fra Lund, som er av interesse. Her slås det fast at midlere regnintensitet over areal ned til 500 ha kan være betydelig mindre enn den regnintensiteten som måles av en pluviograf i ett punkt.

Når de enkelte pluviografstasjonenes enkeltmålinger i et gitt areal skal vektet sammen til et middeltall, er to metoder benyttet.

- a) Thiessens polygon metode
- b) Lik-vekt metoden. (middelvei)

Metode a betraktes vanligvis som noe bedre enn metode b, men medfører endel mer arbeid, da man må planimetrere delarealer (som er blitt splittet i polygoner).

Metode b innebærer at man beregner aritmetisk middel av alle pluviografenes enkeltintensiteter. Denne metoden forutsetter en rimelig god spredning av pluviografene over hele arealet. Metoden kan i enkelte tilfeller være bedre enn Thiessens metode, da denne kan gi uforholdsmessig stor vekt til visse stasjoner.

For årene 1977 og 1980 er de 16 største regnernes intensiteter vist for stasjonene Øvrevoll, Vika og Blindern. Disses regnintensiteter er vist å variere svært mye i samme tidspunkt fra stasjon til stasjon, selv om disse geografisk ligger ganske nær hverandre. Gjentatte ganger har det f.eks. vært meget intense regn på en av stasjonene mens en stasjon bare 3 km unna ikke har nedbør fra regnhendelsen i det hele tatt. Dette er imidlertid ikke forbausende når vi vet at den aktive sonen i en regnbygge i Norge ofte har en diameter på mindre enn en kilometer.

For syv stasjoner i Oslo-området er det beregnet såkalte arealreduksjonskoeffisienter. Dette er koeffisienter som må multipliseres med en punktmålings regnintensitet (I-V-F kurver) for å få en korrekt midlere regnintensitet over et gitt areal. Beregningene er basert på 6 års dataserie for de syv stasjonene, og arealet de dekker er  $75 \text{ km}^2$ .

I forhold til de arealreduksjonsfaktorene som er fremkommet fra Lund i Sverige, er reduksjonene for Oslo-området ca. dobbelt så store. Som eksempel kan nevnes at for 3 års gjentaksintervall og 40 minutters regnvarighet er arealreduksjonsfaktoren (ARF) for Lund lik 0,88 for  $9 \text{ km}^2$  mens Oslo tilsvarende har  $\text{ARF} = \text{ca. } 0,65$ . Her kan imidlertid formen på stasjonsnettets ha betydning for resultatene.

For 10 minutters regn er  $\text{ARF} = 0,80$  for Lund og  $\text{ARF} = 0,49$  for Oslo-området. For 6 års gjentaksintervall må selv 6-timers regnet for punktmålinger på Blindern reduseres med ca. 50 % når arealet overstiger  $9 \text{ km}^2$ . For gjentaksintervall 3 år eller hyppigere ligger ARF på 0,8 - 0,9 for 6-timers regn og areal større enn  $10 \text{ km}^2$ .

Arealreduksjonen øker med økende gjentaksintervall for regnet og med minkende varighet for regnet. Beregningene av ARF viser dessuten at man har en drastisk reduksjon mellom 0 og  $9 \text{ km}^2$  for 6 års gjentaksintervall. Dette viser at stasjonsnettets burde vært tettere rundt Blindern, slik at man kunne få klarere formening om ARF for arealer i området  $1 - 5 \text{ km}^2$ .

Konklusjon for de dimensjonerende konvektive regn:

- Det er vist at arealreduksjonskoeffisientene for Oslo-området er betydelig større enn rapportert fra Sverige, Tyskland og USA.
- For regn med gjentaksintervall ca. 5 år eller mer vil det være av betydning å ta hensyn til arealreduksjonen for arealer helt ned til 100 ha.
- For regn med gjentaksintervall ned til  $\frac{1}{2}$  år vil det være av betydning å ta hensyn til arealreduksjonene for areal som nærmer seg 500 ha.
- Det er behov for mer data og kunnskap for arealreduksjoner over arealer i størrelsesorden 100 - 500 ha. Det vil si at et finere inndelt stasjonsnett enn 1 pr.  $10 \text{ km}^2$  er nødvendig.

### 3. INNLEDNING - PROBLEMORIENTERING

Kunnskap og data om hvilke regnintensiteter som opptrer er grunnlaget for beregning av overvannsavledning i tettsteder, for overløpsberegninger, for dimensjonering av fordrøyningsvolum, for beregning av forurensningstransport etc.

Nedbøren inndeles i forskjellige grupper etter hvordan den oppstår. Konvektiv nedbør kommer gjerne i form av sterke byger fra skyer som er dannet ved at fuktig luft over oppvarmede områder stiger og avkjøles. Orografisk nedbør dannes ved at fuktig luft tvinges til å stige som følge av en terrenghindring, mens frontnedbør oppstår ved at varm luft tvinges opp over kaldere og tyngre luft, blir avkjølt og avgir nedbør.

Data om dimensjonerende regnintensiteter er i dag i beste fall basert på målinger utført ved en pluviograf i ett punkt. Det forutsettes så vanligvis at disse punktmålingene gjelder for et areal av større eller mindre omfang. Den feil som gjøres ved denne forenkling kan bli meget stor for konvektivt regn, og av mindre betydning for orografiske og frontale regn. Vanligvis vil det være konvektivt regn som er dimensjonerende for avløpssystem. Dette er regn med stor intensitet, kort varighet og med begrenset utstrekning.

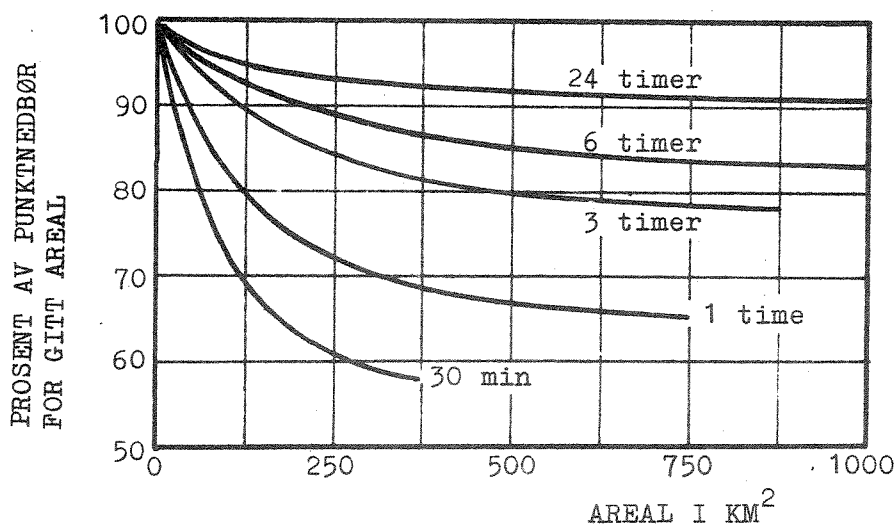
Ingeniører har i mange år erfart at de målte vannflommer i byenes avløpsnett sjelden ble så store som de opprinnelige beregningene tilsa. Disse beregningene av overvannsavrenningen var basert på dimensjonerende regn, tatt fra intensitets-varighets-frekvens (I-V-F) kurver, samt på avrenningsfaktorer tatt fra håndbøker. Man har vanligvis forklart de uventede "små" avrenningene med at avrenningskoeffisientene har vært antatt for store.

Få har påpekt at regnintensitetskurvene kan ha vært brukt på en uriktig måte. I-V-F kurvene gjelder strengt tatt bare for arealet til oppsamlingsskålen i pluviografen. Dersom man har nedslagsfelt på over 100 ha vil disse kurvene ikke lenger være riktige for alle typer dimensjonerende regn. Den regnintensitet man finner fra I-V-F kurvene må multipliseres med en faktor, som i faglitteraturen har fått den misvisende betegnelsen arealreduksjonsfaktor.

Dersom man ønsker å utplassere flere pluviografer i et gitt areal for å kunne beregne arealfordelinger, bør man minst ha 1 pluviograf pr.  $10 \text{ km}^2$  (1). Dette gjelder dersom målingene skal brukes til dimensjonering av overvannsavløp i tettsteder og byer. Helst burde man ha 1 pluviograf pr.  $\text{km}^2$ .

Bjørn Aune (4) viser et eksempel fra U.S.A hvor man har fremstilt reduksjonen av intensiteten over et areal i forhold til punktnedbør.

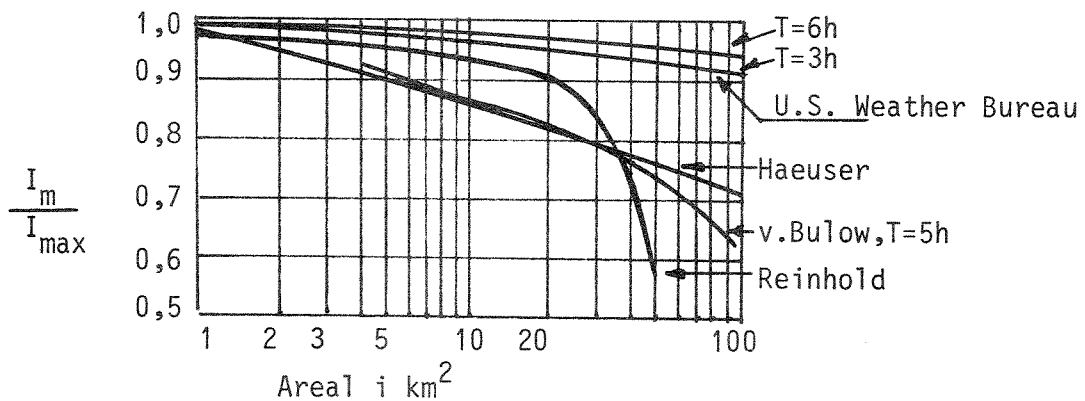
Kurvene i figur 1 er beregnet av årsserier fra flere stasjonsnett som har gitt data for en gjennomsnittlig gjentakelsesperiode på rundt 5 år. Det ville være naturlig å vente at de ville variere med gjentakelsesperioder, nedbørintensiteter og varigheter, men med de få data som hittil har stått til disposisjon, har variasjonene mellom de enkelte stasjonsnett vært så store at regionale variasjoner har dekket over andre variasjonskilder.



Figur 1. Eksempel på forhold mellom punktnedbør og arealnedbør fra målinger i U.S.A. (4). Originalreferense: U.S. Weather Bureau (16).

Von Gunther Annen (2) viser i figur 2 lignende kurver for forholdet mellom arealmiddel og maksimalverdien i regnbygene. Reinholds kurve er basert på 31 regnbyger i 1925 - 1931 i Dresden, Tyskland. Haeusers kurve er basert på 94 regn i Bayern.





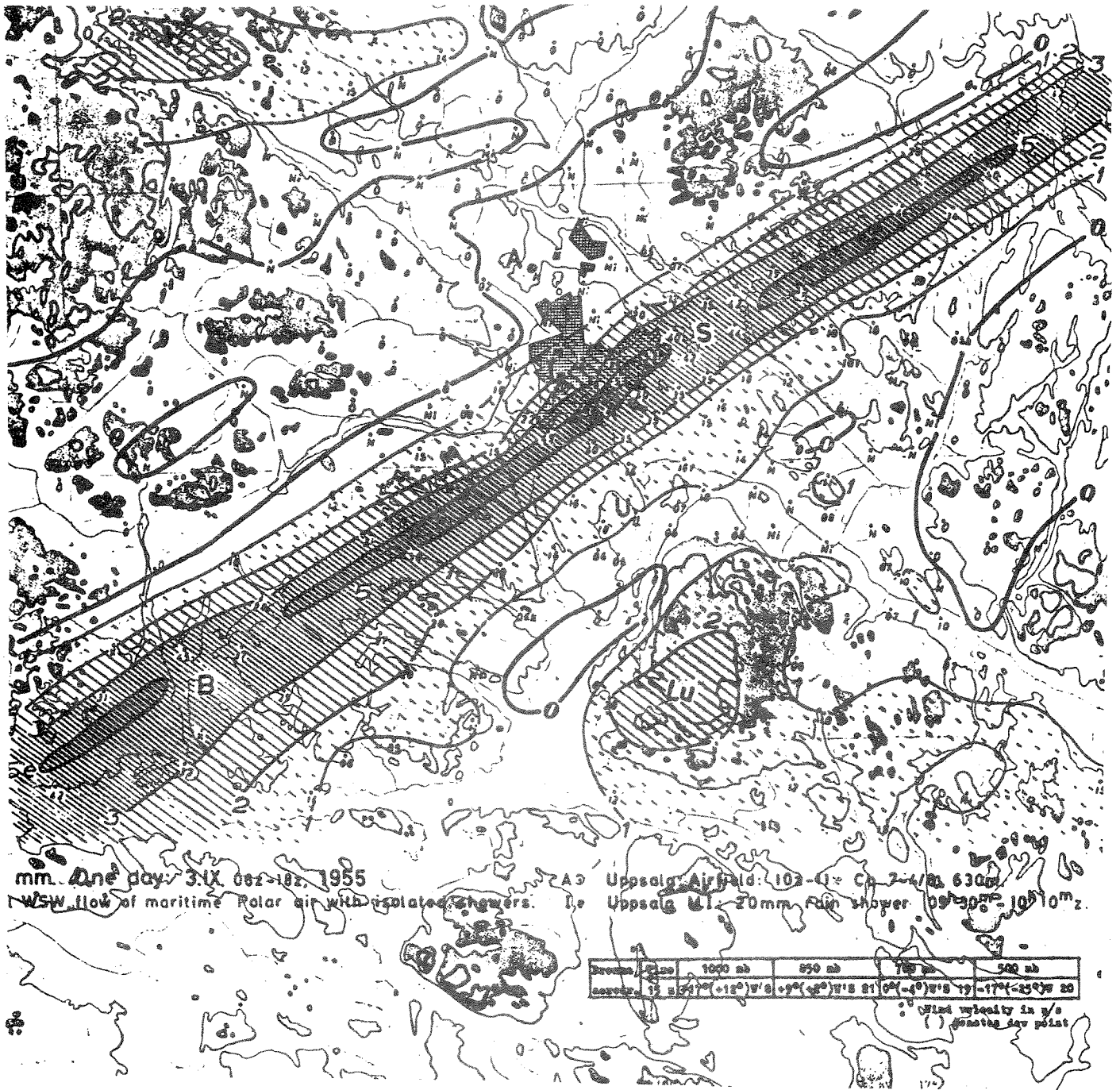
Figur 2. Forholdet mellom arealmiddel og maksimalintensitet i regnskyll. Referense (2).

Kurvene fra U.S. Weather Bureau er målt i de syd-østlige deler av U.S.A. referense (16).

Von Bülows kurver er fra Emscher- og Lippe distriktet i Tyskland. Det går frem av figur 2 at midlere regnintensitet over et areal på 5 km<sup>2</sup> eller 500 ha har fra 91 % til 98 % av intensiteten i en punktmåling, avhengig av målestedet. De norske resultatene som er vist i denne rapporten viser langt mere drastiske reduksjoner.

Bergeron i Uppsala (6) har i figur 3 vist isohyeter for en bygepassasje over Uppsala. Bygens varighet var 40 minutter. Man ser at intensitets-gradientene diagonalt i figuren er meget store.

Fra Danmark er det funnet en uttalelse fra Uffe Thorndal (15) som hevder at et regnskyll ikke kan avgi maksimal nedbør over et større område. Han mener at dette fenomen kun har betydning for områder som er større enn 5 - 10 km<sup>2</sup> eller 500 - 1 000 ha. Dette gjelder for danske forhold.



Figur 3. Isohyeter for bygepassasje over Uppsala forsøksfelt. Fra (6).

#### 4. TIDLIGERE ARBEIDER FRA SKANDINAVIA OM AREALFORDELING AV KORTTIDSNEDBØR

##### Norge

Så vidt forfatteren har brakt i erfaring, har det vært utført lite FoU-arbeid om arealfordeling av korttidsnedbør i Norge. Det ble imidlertid tatt hensyn til at nedbøren varierer over et areal i samme øyeblikk ved beregningen av overvannsavrenning til sentralrenseanlegg vest (SRV) for Oslo, Bærum og Asker. Dette prosjektet ble utført av Balmer, Glomnes, Lindholm og Saltveit (5) i 1974 - 1975.

Overvannsavrenningen fra bl.a. et regn som opptrådte 5. september 1974 ble da beregnet med den matematiske modellen NIVANETT. Dette regnet ble bedømt å tilsvare ca. ett-års regnet. De tre PLUMATIC-pluviografene som ble benyttet befant seg i Oslo-sentrum (Vika), Oslo-vest (Blindern) og i Bærum (Gjettum). Avstanden mellom pluviografene er henholdsvis ca. 3 km og ca. 8-9 km. Alle ligger i samme nedbørfeltet. Tabell 1 gir midlere regnintensitet delt opp på 2 halvtimes intervaller for hver time.

Tabell 1. Nedbørintensiteter 5. september 1974 i l/s • ha i Oslo-området.

Sone	Klokkeslett																	
	2400		0100		0200		0300		0400		0500		0600		0700		0800	
Oslo S (Vika)	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	1	1	2	4	27	26	8	1
Oslo V (Blindern)	0	0	0	0	0	0	9	2	18	3	1	16	6	3	16	31	7	7
Bærum (Gjettum)	0	0	0	0	0	10	2	18	2	1	20	2	3	38	12	6	4	2

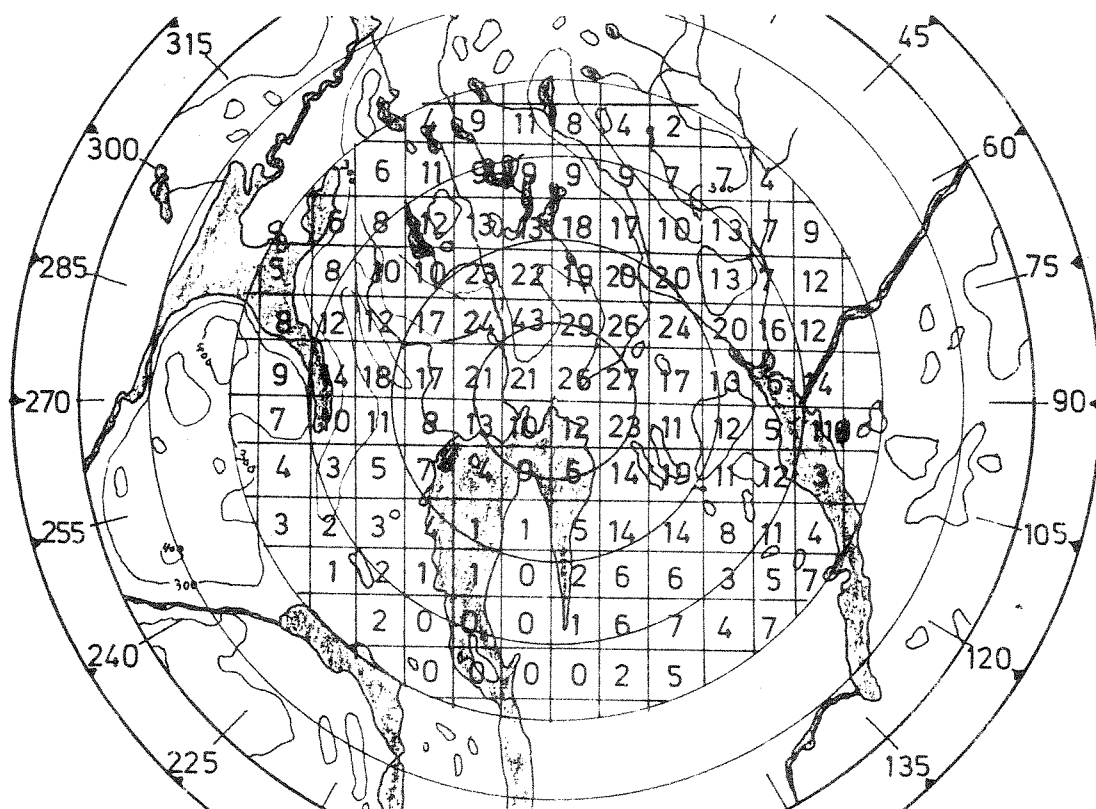
Tabellen viser for eksempel at middelintensiteten mellom kl. 0400 og 0430 er 1 l/s • ha i Vika og 18 l/s • ha på Blindern. Avstanden mellom disse to punktene er ca. 3 km. Tabellen dokumenterer dermed at innenfor samme nedslagsfelt kan det være betydelige forskjeller i regnintensitet på samme tidspunkt.

Forøvrig viser tabellen klart at regnets hovedtyngde først passerer Bærum (lengst vest), kommer så til Oslo-Vest og til slutt til Oslo-sentrum.

Siv.ing. Erik Ræstad A/S presenterte i 1969 (14) en rapport hvor fenomenet med ulik arealfordeling av korttidsnedbør i Oslo-området berøres. Det refereres til arbeider av fagsjef Moene (DNMI) som har konstatert, ved hjelp av radarekko, at bygehyppigheten i sommermånedene i Oslo varierer svært mye fra sted til sted, selv over meget korte avstander.

Figur 4 viser fagsjef Moenes bygehyppigheter innenfor 128 avgrensede kvadrater i Oslo-området. Som man ser er det dramatiske variasjoner over så korte avstander som 1 km.

Man må imidlertid være oppmerksom på at ved sterk nedbør "ser" radaren bare forkanten av nedbøren og skiller dårlig ut intensiteten bak regnbygen. For å få et bedre bilde av forholdene burde man ha minst tre radarer som hjørner i ett triangel.



Figur 4. Kart over bygehyppighet i Oslo-området. Utarbeidet på grunnlag av rada-ekko. Observasjoner 1957-60. Kilde: Statsmeteorolog A. Moene. Aftenposten 18.4.69.

Forøvrig beskriver Ræstad (14) forhold som underbygger inntrykk av at forholdene omkring korttidsnedbør i Oslo varierer meget over selv avstander ned mot 900 m.

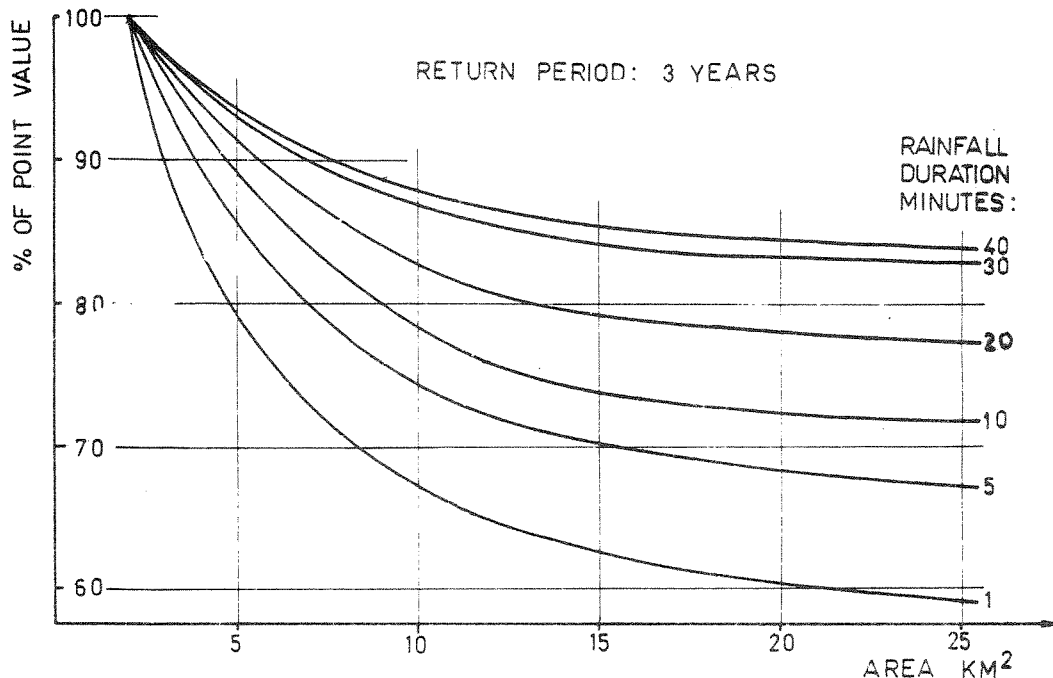
### Sverige

Janusz Niemczynowicz (13), Olle Jönsson (11) og Jan Falk et al. (7) har arbeidet med arealfordeling av korttidsnedbør i Lund. På et område av ca. 25 km<sup>2</sup> størrelse ble 12 pluviografer utplassert i 1979.

Fra undersøkelsene fremgår at feil i volumbestemningen kan oppgå til ca. 45 % for konvektivt regn og ca. 20 % for frontale regn, som følge av at regnintensiteten varierer over arealet på 25 km<sup>2</sup>.

I figur 5 er vist forholdet mellom midlere arealnedbørsintensitet og arealet som betraktes. Eksemplene her er også fra Lund og er basert på de 12 tidligere nevnte pluviografene.

Dataene er basert på en 3 års måleperiode.



Figur 5. Arealreduksjonsfaktorer fra Lund. Fra Niemczynowicz (13).

Som man ser av figur 5 øker arealreduksjonen med arealet og med minkende varighet av regnskyllet.

For regn med varighet større eller lik 10 minutter øker også arealreduksjonen med økende gjentaksintervall. F.eks. gir 3-års regnet større arealreduksjon enn 1-års regnet.

Niemczynowicz (13) har også fremstilt lignende kurver som vist i figur 5 for 3 års regnet, 1,5 år, 1 år, 0,5 år og "1 måneds regnet".

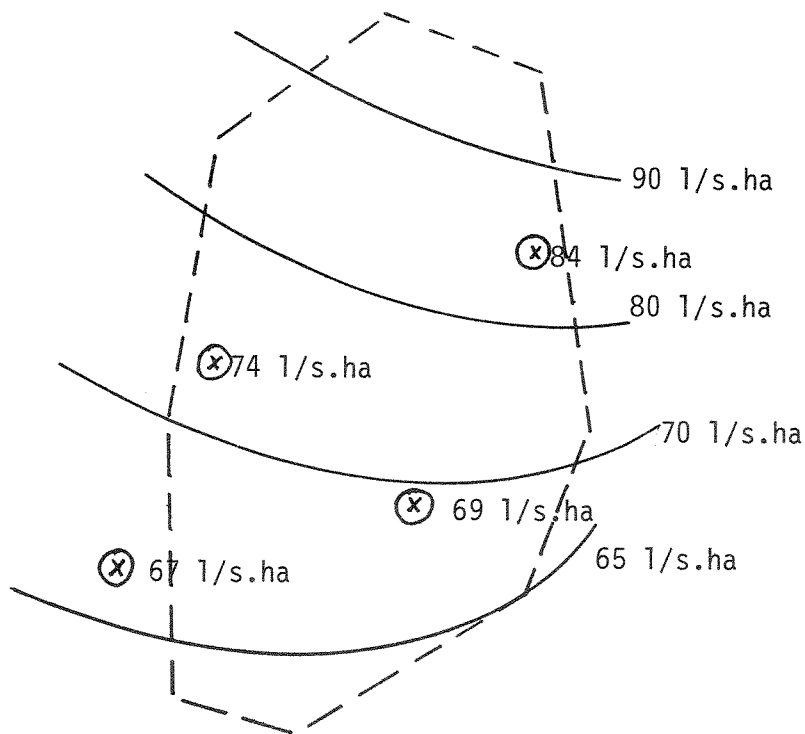
### Danmark

I forbindelse med arbeidene til Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité med urban avstrømning, ble det oppstilt en rekke Rimco-pluviografer i Danmark i 1979. Av disse ble 11 plassert i København-området, innenfor et areal på 85 km<sup>2</sup>. Av disse 11 ligger 5 innenfor et areal på 30 km<sup>2</sup>. Man har nå ca. fire års dataserier fra stasjonene, men databearbeidelsen med henblikk på arealfordeling er ennå ikke påbegynt.

## 5. METODER FOR Å BEREGNE AREALNEDBØR

Hvis flere pluviografer er utplassert i et område og man ønsker å beregne en midlere regnintensitet for hele området kan f.eks. følgende tre metoder benyttes:

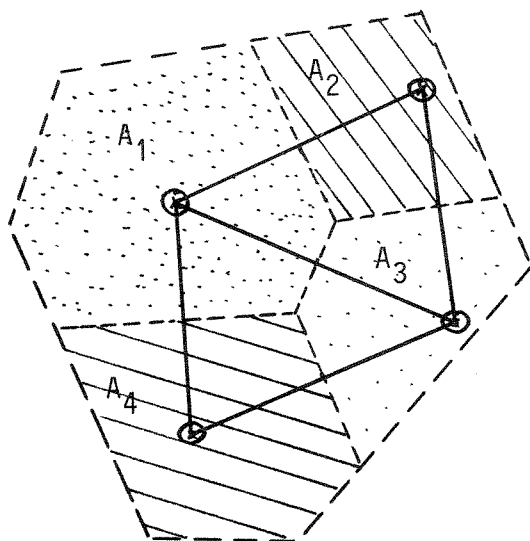
### a) Isohyetmetoden



Figur 6. Eksempel på isohyetmetoden.

Figur 6 viser et eksempel fra en øyeblikkssituasjon (eller middelet over et tidsintervall). Midlere regnintensitet over området kan beregnes ved hjelp av planimeter, når isohyetlinjene er trukket på basis av de 4 punktmålingene.

b) Thiessens metode.



Figur 7. Eksempel på Thiessens metode.

Ved Thiessens metode vektes de individuelle stasjonsmålingene i forhold til det areal stasjonens respektive polygoner utgjør. Polygonene finnes ved å reise en normal i halveringspunktene på stasjonenes forbindelseslinje.

c) Middeltall-metoden.

Dersom pluviografstasjonene er relativt jevnt spredd over arealet har man den mulighet å beregne det aritmetiske middeltall for de individuelle målingene. Selv om denne metoden kan virke usikker, gir den som regel gode nok resultater hvis stasjonene har en rimelig grad av spredning. Enkelte ganger kan metoden være bedre enn Thiessens metode, som kan gi for stor vekt på visse stasjoner.



## 6. PROSJEKTFORUTSETNINGER

### Generelt

Forutsetningen for at foreliggende prosjekt har kunnet komme til utførelse er nedbørsmålingene som er foregått med PLUMATIC-pluviografene i Oslo-området i en årrekke. PLUMATIC-målerene registrerer nedbørintensitetene på magnetbånd. Disse kan mates direkte inn i datamaskiner. Dette gjør det enkelt å utføre de omfattende beregninger som må til for å oppnå de resultater dette prosjektet fordrer.

PLUMATIC registrerer nedbør ved hjelp av en vippepluviograf, som vipper for hver 0,2 mm nedbør. Tidsoppløsningen er ett minutt, d.v.s. at antall vipp innenfor hvert minutt registreres.

Det vil si at man har en registrerings-usikkerhet på + 0,2 mm/minutt eller + 33,3 l/s·ha innenfor et enkeltstående minutt. Dette er isolert sett en meget høy intensitet. Det er derfor uhensiktsmessig å operere med ett-minutts intervaller i beregningene. Dersom man går over til å midle over 5-minutts intervaller synker registreringsusikkerheten til 6,7 l/s·ha hvilket er akseptabelt når man opererer med store tallmengder, slik som i dette prosjektet. Går man over til 10 minutters-intervaller synker registrerings-usikkerheten til 3,33 l/s·ha. Imidlertid er på den annen side 10 minutter i meste laget å midle intensiteten over, da store variasjoner kan skje innenfor denne tidsperioden. Disse intensitetsvariasjonene vil da ikke kunne fanges opp. Man har på grunnlag av dette valgt primært å benytte 5-minutters intervaller som tidsoppløsningsenhet i bearbeidingen av datamaterialet.

Fra Oslo-området har man nå på MI følgende magnetbånd klarert og godkjent for Oslo og Bærum:

Stasjon	PLUMATIC- Arrekke som er klarert pr. aug. 1983.
Blindern	1967, 68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80
Vestli	1975, 76,77,78,79,80
Oppsal	1974, 75,76,77,78,79,80
Vika	1975, 76,77,78,79,80
Bjerkebanen	1975, 76,78,80,81
Øvrevoll	1968, 69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80
Gjettum	1971, 72,73,74,75,76,77,78,79,80

Høydenivået på stasjonene er:

Blindern	:	94	meter over havet		
Vestli	:	200	"	"	"
Oppsal	:	150	"	"	"
Vika	:	10	"	"	"
Bjerkebanen:		135	"	"	"
Øvrevoll	:	125	"	"	"
Gjettum	:	67	"	"	"

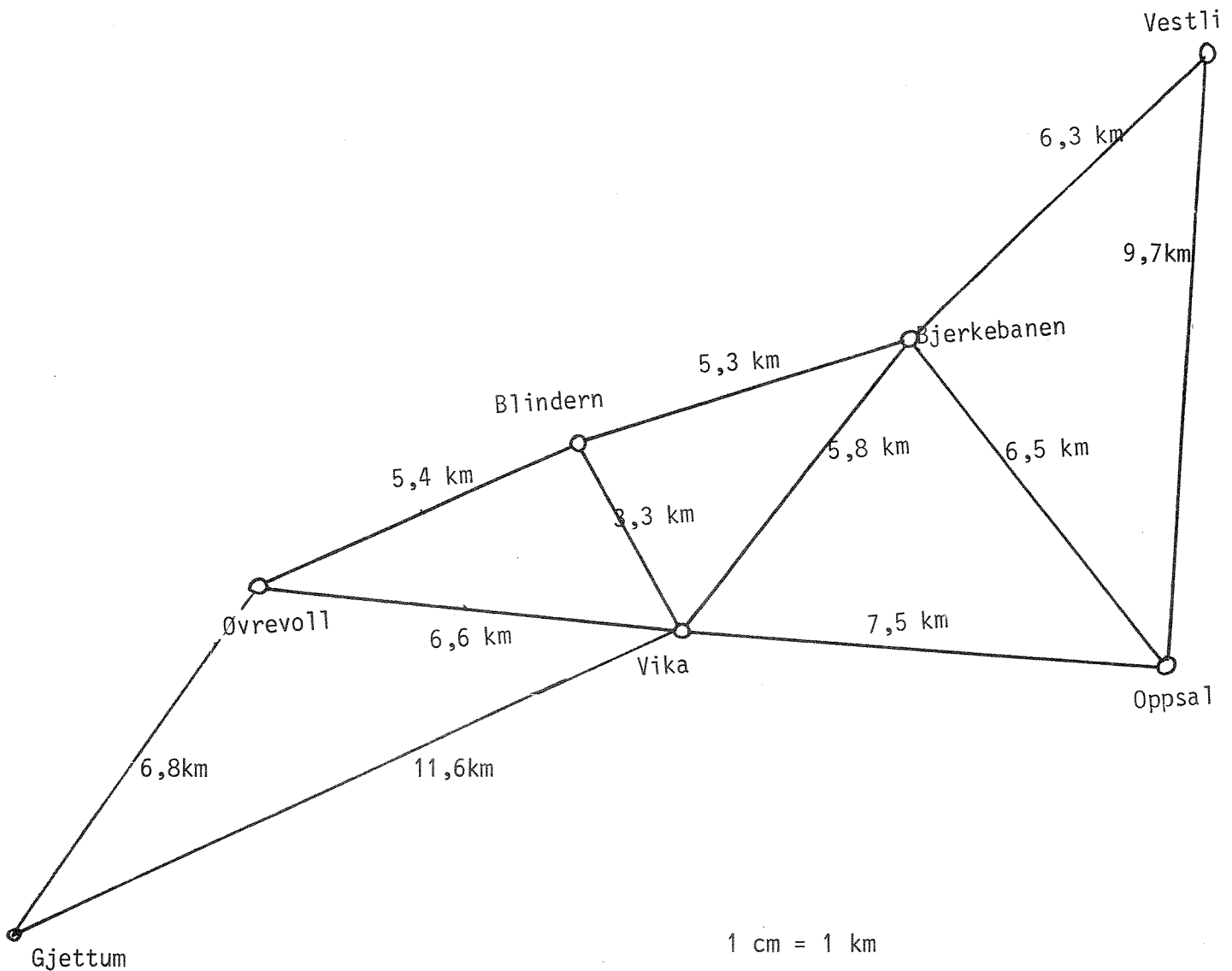
Det er registrert en økende årlig nedbørshøyde med økende høyde over havet. Imidlertid er det ikke registrert at høyden over havet innvirker på forholdene som berører korttidsnedbøren.

Registreringene har kun skjedd i den perioden hvor man har flytende nedbør. Dette vil normalt si fra april til og med november. Total midlere årsnedbør i Oslo (Blindern) er ca. 740 mm, hvorav ca. halvparten faller innenfor perioden med PLUMATIC-registreringer.

#### Stasjonsnett for Oslo-området

Figur 7b viser avstanden mellom nærliggende stasjoner. Totalt areal innenfor den ytre avgrensning i figuren er 75,1 km<sup>2</sup>.

Det er det eksisterende stasjonsnett i Oslo som er benyttet. Det er derfor langstrakt i formen, som bebyggelsens utbredelse. Et mer kvadratisk og tettere nett hadde vært mer ønskelig.



Figur 7b. Stasjonsnett i Oslo-området. PLUMATIC.

Innenfor denne avgrensningen er PLUMATIC-tettheten ca. 1 pr. 10 km<sup>2</sup>. Dette er innenfor det man vanligvis regner som forsvarlig når arealvurderinger av korttidsnedbør skal utføres.

Polygonenes areal er planimetrert og vist i tabell 3, hvor de respektive stasjoners vekt er uttrykt etter Thiessens metode (se kapittel 5). I tabell 3 er Blindern basis-stasjon (arealet = 0).

Tabell 3. Stasjonenes vekttildeling i arealberegningene. Blindern som basis-stasjon.

Områdeavgrensning	Thiessens metode						Areal km <sup>2</sup>
	Blindern	Vika	Bjerkebanen	Oppsal	Øvre-voll	Vestli	
Blindern	1,0						0
Blindern, Vika	0,5	0,5					0
Blindern, Vika, Bjerkebanen	0,41	0,31	0,28				9,2
Blindern, Vika, Bjerkebanen, Oppsal	0,14	0,29	0,35	0,22			27,2
Blindern, Vika, Bjerkebanen, Oppsal, Øvre-voll	0,22	0,29	0,26	0,16	0,07		37,-
Blindern, Vika, Bjerkebanen, Oppsal, Øvre-voll, Vestli	0,15	0,19	0,36	0,19	0,04	0,07	56,-
Som ovenfor samt Gjøttum	0,12	0,18	0,26	0,14	0,20	0,05	75,1

Regnvarighetene som er vist i figurene er 10, 40, 120, 240 og 360 minutter. Gjentakintervallene er 6 år, 3 år, 2 år, 1 år og et ½ år.

Den minste tidsavstand mellom to uavhengige regnhendelser er satt til 80 minutter for 10 og 40 min. regn og til 360 min. for regn med lengre varighet.

Det er også utført beregninger av arealreduksjonsfaktorer når Gjøttum er basis-stasjon (arealet = 0). Siden Gjøttum har en kortere tids-serie enn Blindern og Blindern er en bedre kjent stasjon, er resultatene fra arealreduksjonskoeffisientene med Gjøttum som basis lagt i vedlegg A. Tabell 4 viser vektfordelingen som tilordnes de syv stasjonene når Gjøttum er basis for beregningene.

Tabell 4. Vektfordeling tilordnet de ulike stasjonene. Gjettum som basis.

Områdeavgrensing	Thiessens metode								Lik vekt
	Gjettum	Øvrevoll	Vika	Blindern	Bjerkebanen	Oppsal	Vestli	Areal km <sup>2</sup>	Vekt på hver av de impliserte stasj.
Gjettum	1							0	1
Gjettum, Vika, Øvrevoll	0,18	0,66	0,16					19,1	1/3
Gjettum, Vika, Øvrevoll, Blindern	0,12	0,53	0,19	0,16				28,9	1/4
Gjettum, Vika, Øvrevoll, Blindern, Bjerkebanen	0,09	0,40	0,23	0,22	0,06			38,1	1/5
Gjettum, Vika, Øvrevoll, Blindern, Bjerkebanen, Oppsal	0,06	0,27	0,26	0,15	0,17	0,09		56,1	1/6
Gjettum, Vika, Øvrevoll, Blindern, Bjerkebanen, Oppsal, Vestli	0,05	0,20	0,19	0,11	0,27	0,13	0,05	75,1	1/7

Det datasettet som er med er målinger fra perioden 1975 - 1980, m.a.o. 6 års registreringer. Måleseriene for 1981 og 1982 er ikke klargjort av meteorologisk institutt pr. 15. august 1983, hvilket førte til at disse to årene ikke kunne inkluderes i denne rapporten.

## 7. BEREGNEDE AREALREDUKSJONSKOEFFISIENTER

### 7.1 Generelt

De beregnede arealreduksjonskoeffisientene er fremstilt i de etterfølgende figurene.

Niemczynowicz, (13) har fremstilt sine arealreduksjonskurver for Lund ved hjelp av et matematisk tilpasningsprogram. Vanligvis er dette Log-Pearson III fordelinger for hydrologiske problemer.

Denne tilpassede matematiske fordelingen er så benyttet til å beregne de kurvene som f.eks. er vist i figur 5. Dette er grunnen til at kurvene blir pene og glatte, samt at de ulike regnvarighetenes kurver ligger i logisk rekkefølge ved siden av hverandre og i passende avstander fra hverandre.

De etterfølgende kurvene viser derimot de direkte målingene slik nedbøren kom i perioden 1975 - 1980. I en såpass kort periode kan man ikke forvente helt logisk rekkefølge av kurvene og "glatte" kurver som i et meget langvarig datamateriale.

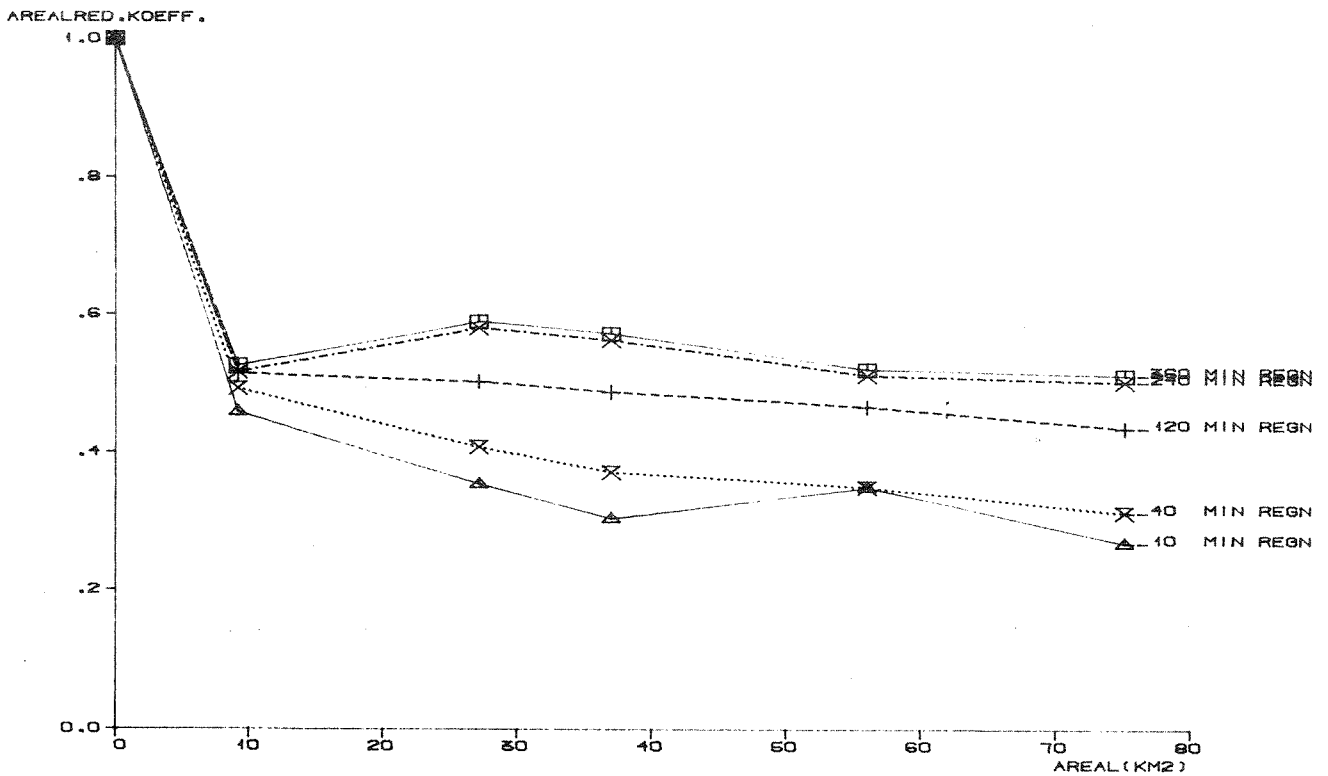
På tross av dette viser kurvene en forbausende bra tendens tilsvarende det som teoretisk bør forventes i et meget stort materiale.

De regn som tilsvarer bestemte gjentaksintervall, er funnet ved å sortere regnene etter synkende regnintensitet. Det regnet som har høyest intensitet blir dermed 6-års regnet. Det nest høyeste 3-års regnet osv.

### 7.2 Arealreduksjonskoeffisienter for Oslo-områdets stasjonsnett med Blindern som basis

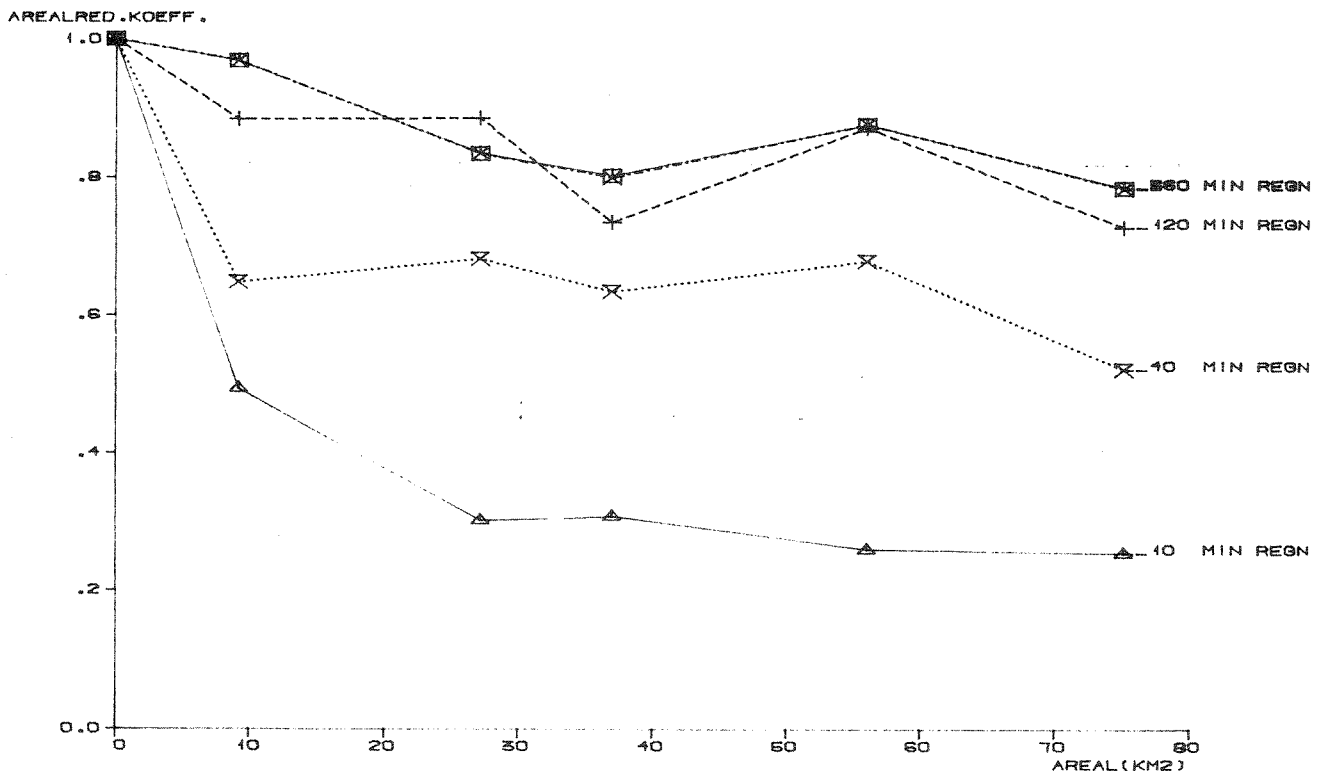
Arealreduksjonskoeffisienter er beregnet for følgende gjentaksintervall: 6, 3, 2, 1 og 0,5 år. Se figur 8 til figur 17. For hvert gjentaksintervall er Thiessens polygon-metode og lik-vekt metoden benyttet for vektning av stasjonens regnintensiteter. I tillegg er det for hvert gjentaksintervall vist kurvene for 10, 40, 120, 240 og 360 minutters regnvarighet. Alle kurver basert på lik-vekt metode er lagt i vedlegg A.

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



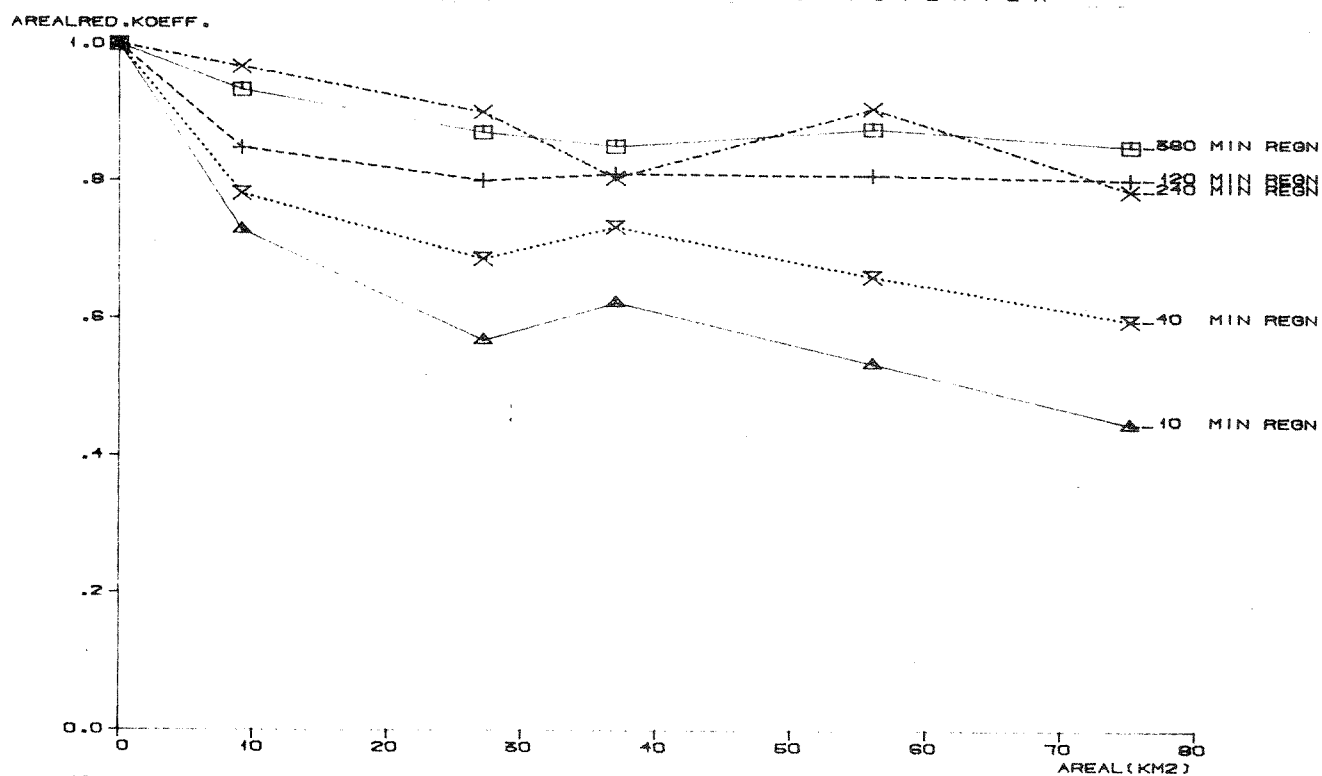
Figur 8. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



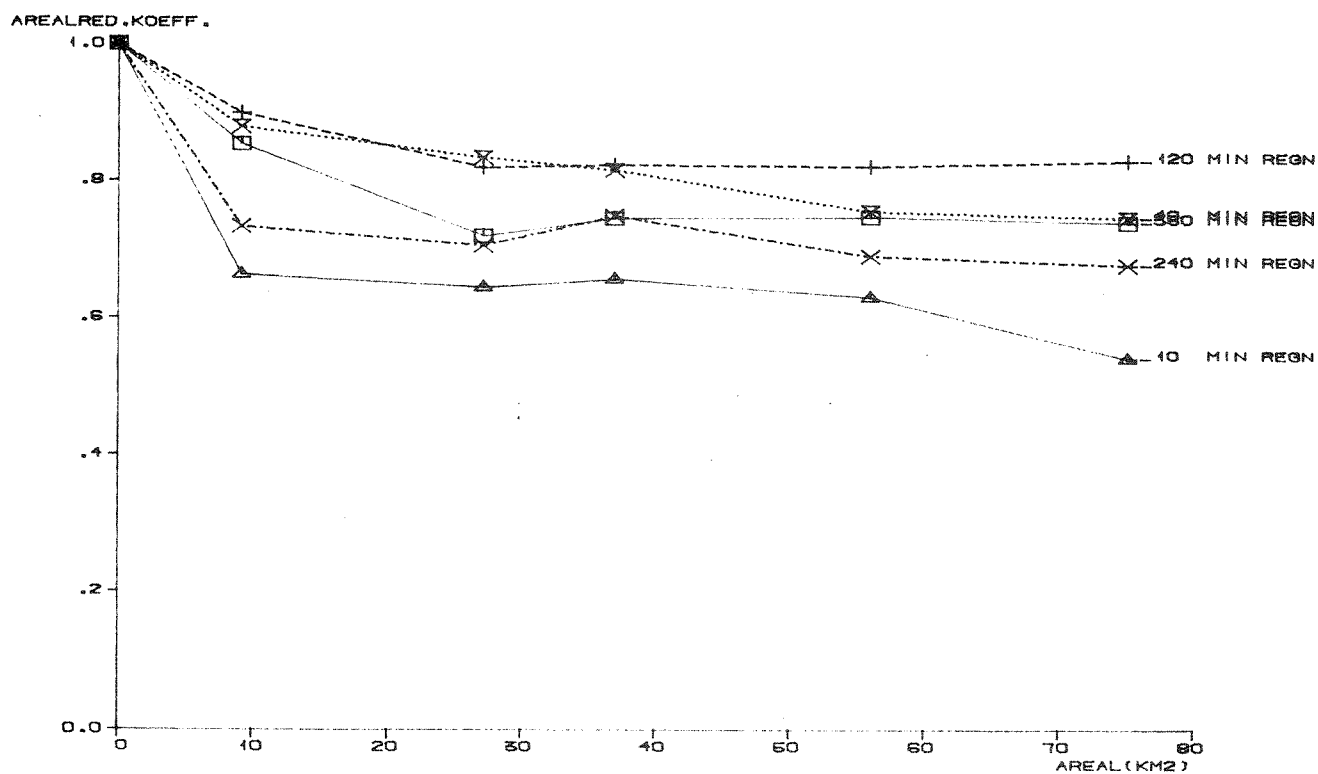
Figur 9. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 3 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 10. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 2 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

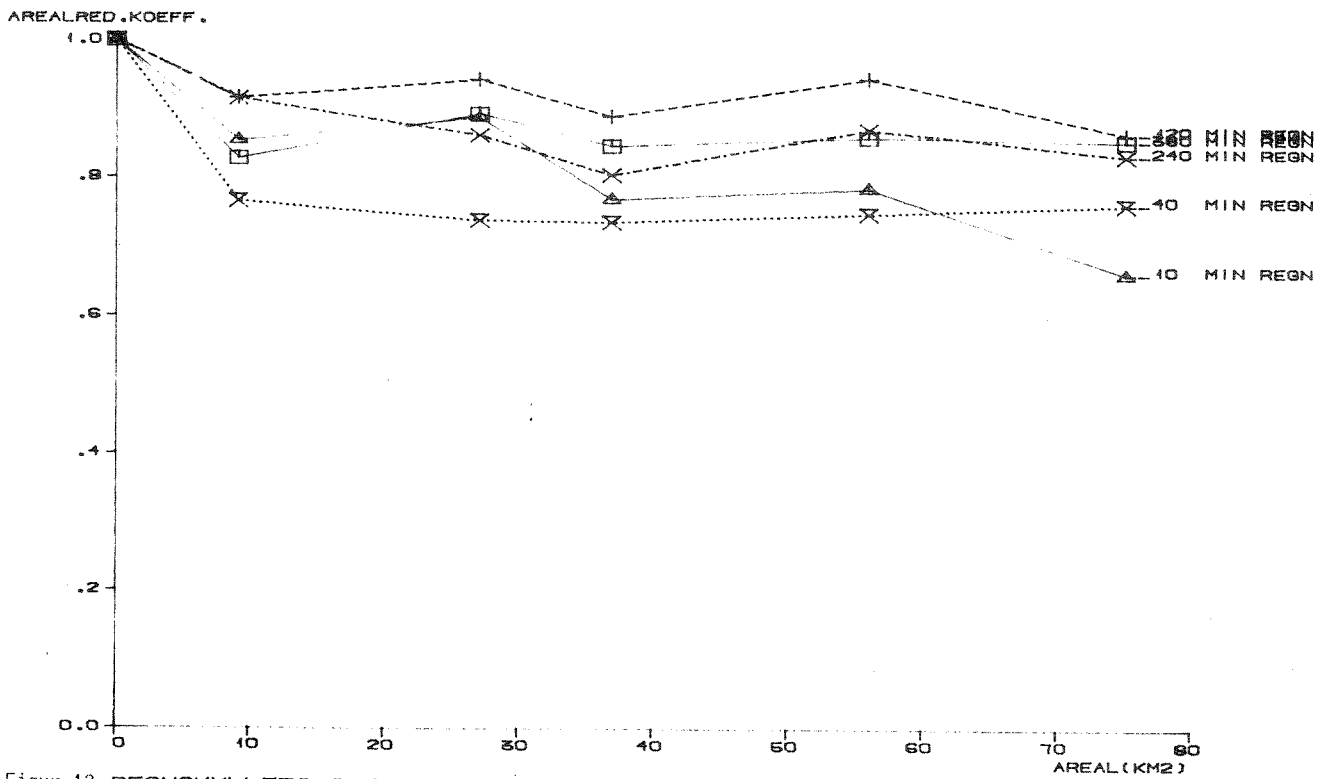
### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 11. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 4 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"



### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



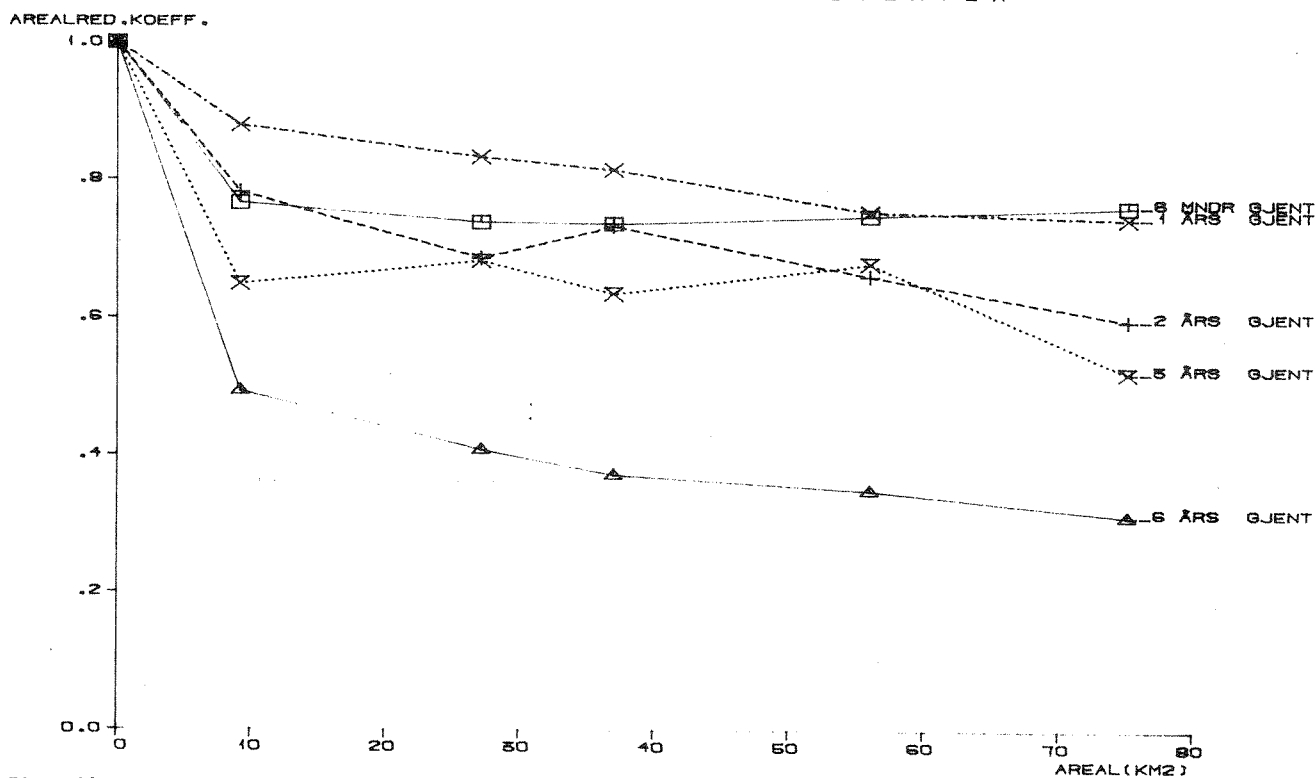
Figur 12. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 MNDR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



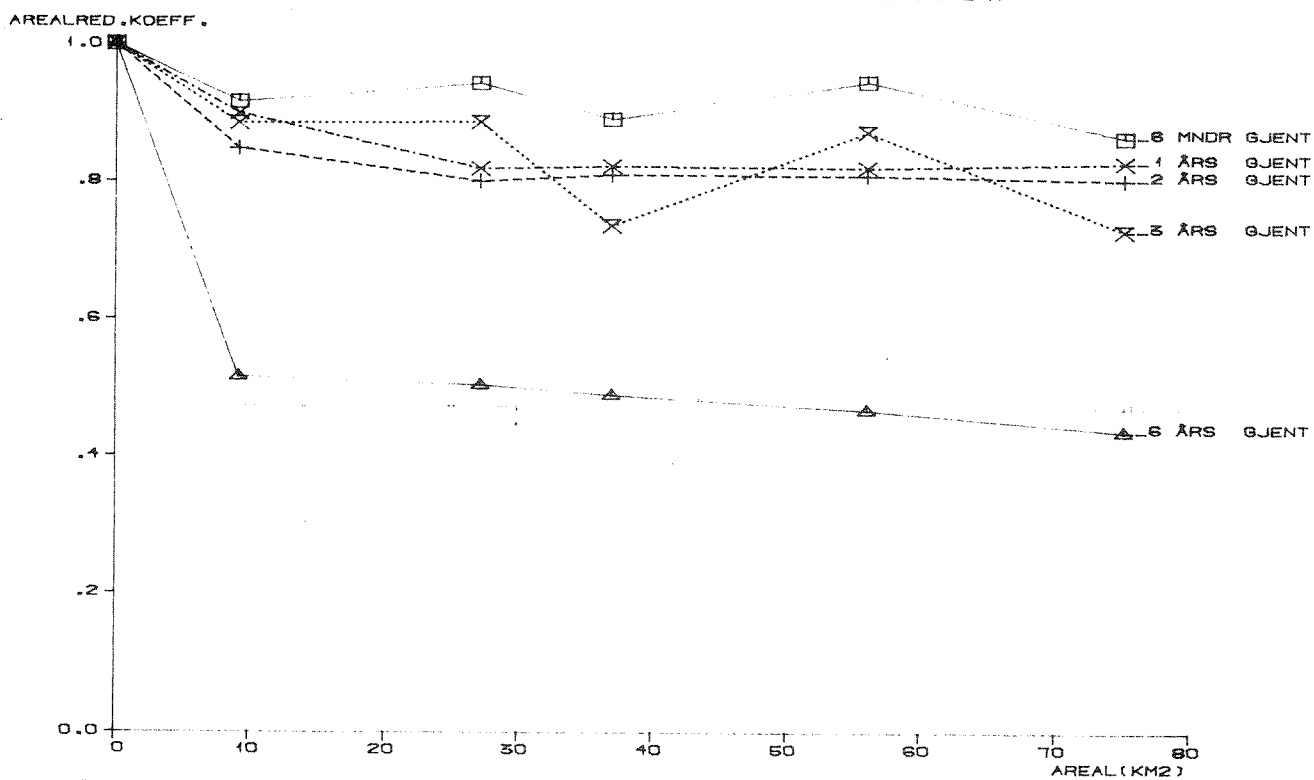
Figur 13. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 10 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



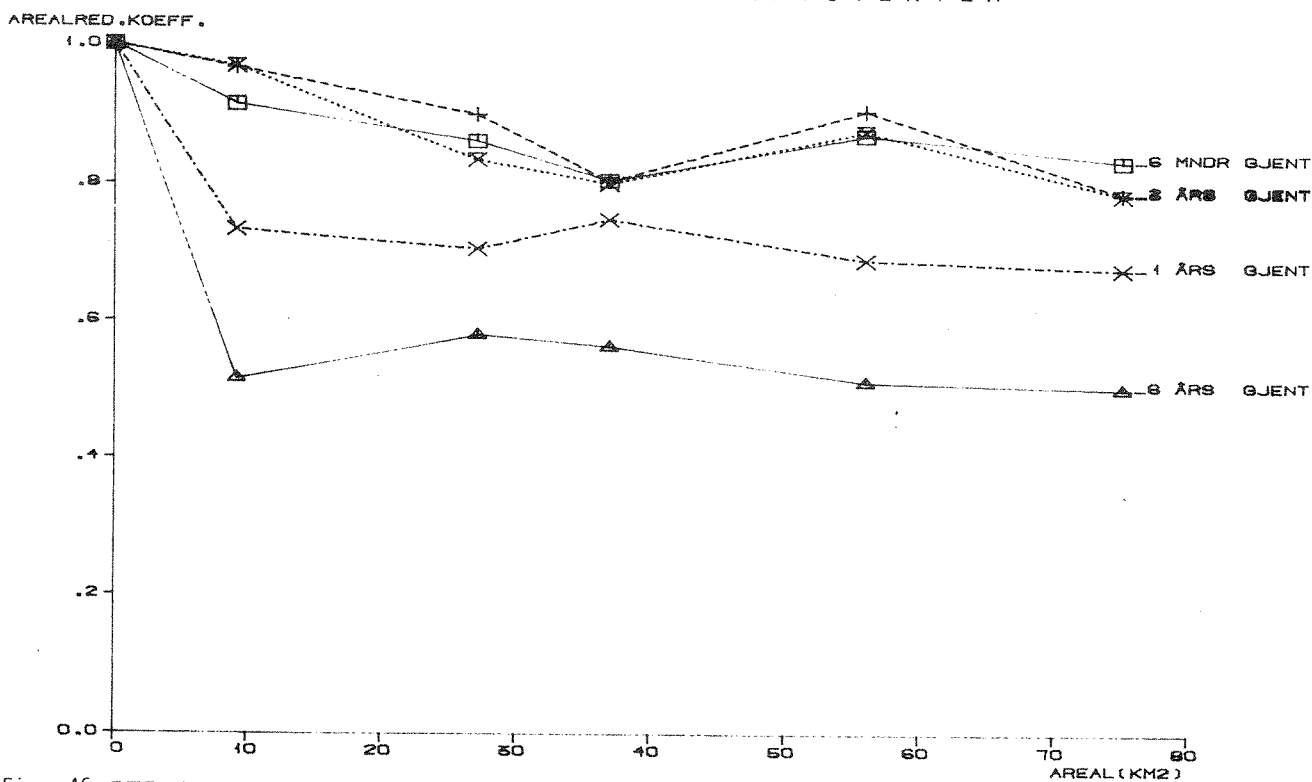
Figur 14. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 40 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



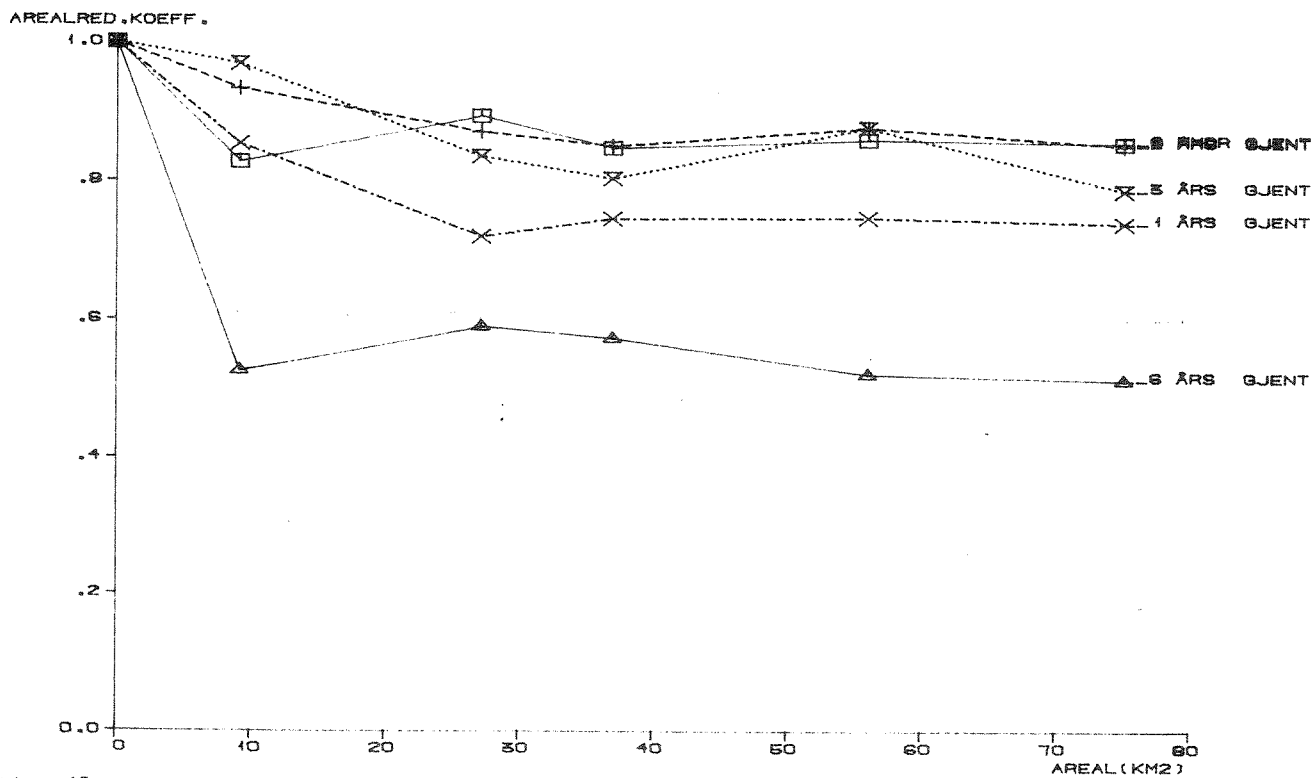
Figur 15. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 120 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 16. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 240 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 17. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 360 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "THIESSENS VEKT"

Figurene viser at arealreduksjonsfaktoren minker raskt fra 0 til 9 km<sup>2</sup>. En videre øking i arealet medfører en mindre rask minking i arealreduksjonskoeffisienten. Særlig for det største gjentaksintervallet på 6 år er denne effekten sterk. Da man nå ikke har målinger i intervallet mellom null og 9 km<sup>2</sup>, og siden det er dette intervallet som er mest interessant, er det behov for å skaffe data fra dette intervallet.

Figur 8 viser f.eks. at 6 års regnet med varighet 120 minutter må reduseres til ca. 50 % av det intensitets-varighets-frekvens (I-V-F) kurven for Blindern tilsier, når man betrakter et areal på 9 km<sup>2</sup> eller 900 ha. Dersom "Lik-vekt metoden" benyttes, må regnintensiteten reduseres til 46 % av Blinderns I-V-F-kurves regnintensitetsverdi. (Se vedlegg A).

Dersom man antar at kurven mellom 0 og 9 km<sup>2</sup> ikke er lineær, men følger det sannsynlige kurveforløpet forøvrig, burde arealreduksjonsfaktoren for 1 km<sup>2</sup> eller 100 ha ligge i området rundt 0,8 eller 80 % av I-V-F-kurven for Blindern (6 års varighet).

Det går også klart frem av figurene at kortere regnskyll (som har høyere intensitet) gir større reduksjoner enn lengre regnskyll. Kurveskaren for ulik regnvarighet er relativt sett bedre samlet for 6 års gjentaksintervall enn for de kortere gjentaksintervallene. Grunnen til at kurvene for de ulike regnvarighetene ligger noe "uryddig" i forhold til hverandre for kortere gjentaksintervall er at de virkelige målte regnskyllene ikke kan forventes å følge "de stor talls lov" for såpass korte tidsperioder som 3 år og mindre.

Fra Figur 8 ser man at for 6-års gjentaksintervall må selv 6-timers regnet reduseres til ca. 50 % av Blinderns punktverdi når arealet overstiger 9 km<sup>2</sup>. Regn med hyppigere gjentaksintervall og med 6-timers varighet ligger på 80 - 90 % reduksjon på arealer over 10 km<sup>2</sup>.

Arealreduksjonsfaktorene er også presentert for 360, 240, 120, 40 og 10 minutters regnvarighet. For hver regnvarighet er de tidlige nevnte gjentaksintervallene gjengitt med separate kurver. Se figur 13 til figur 17. Man ser en klar tendens til at regn med lengre gjentaksintervall (større regnintensitet) gir større reduksjoner enn regn med kortere gjentaksintervall.

I forhold til de arealreduksjonsfaktorer som er fremkommet gjennom prosjektet i Lund, Niemczynowich (13), er reduksjonene for Oslo (Blindern) ca. dobbelt så store. F.eks. kan nevnes at for 3 års gjentakintervall og 40 minutters regn er arealreduksjonsfaktoren for Lund lik 0,88 for 9 km<sup>2</sup>, mens Oslo tilsvarende har ca. 0,65. For 10 minutters regn er verdiene h.h.v. 0,80 og 0,49.

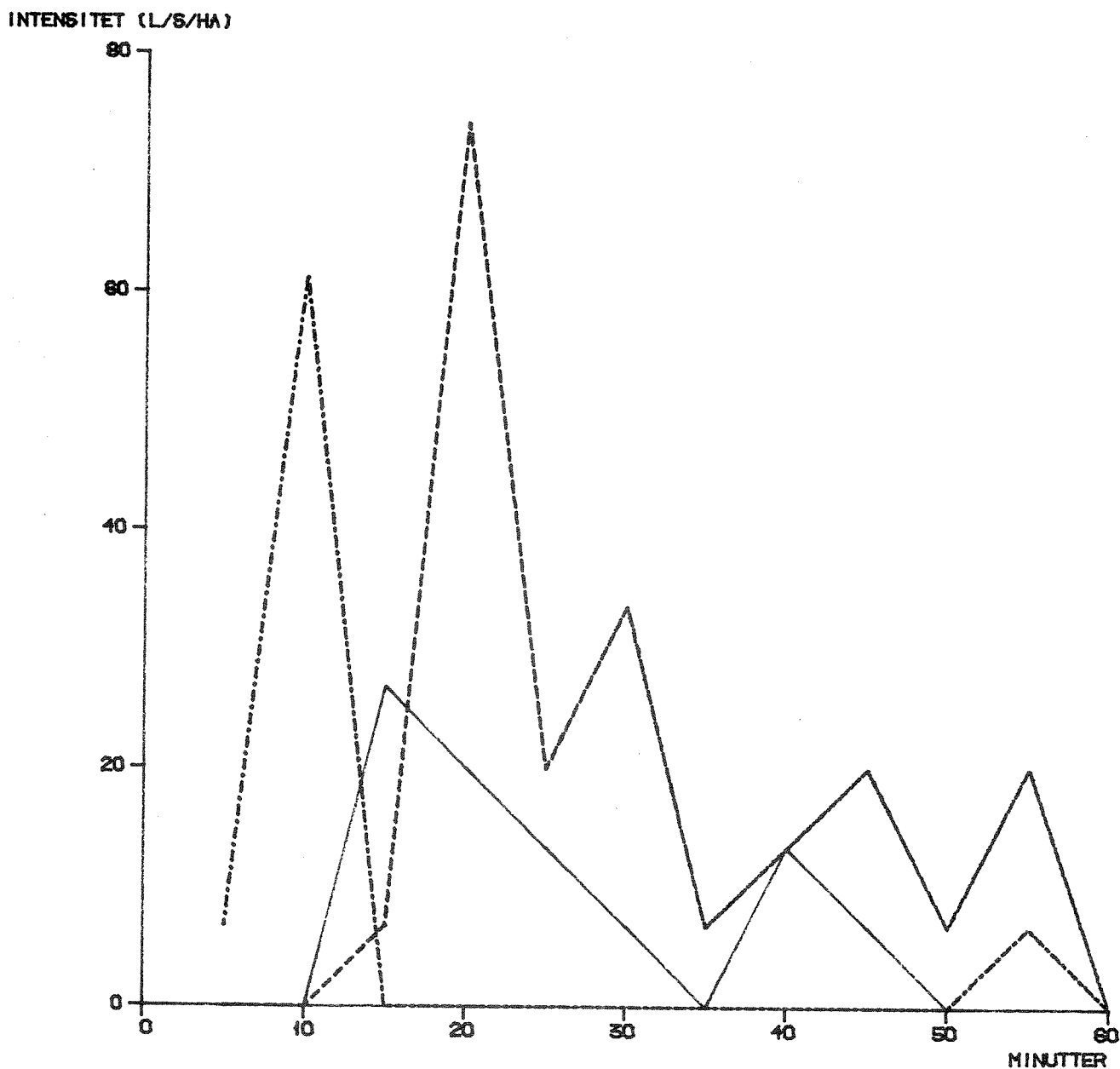
Alle beregninger av arealreduksjonsfaktorer basert på lik-vekt metoden er vist i vedlegg A. Dersom man sammenligner disse med de Thiessenvektede arealreduksjonene, ser man at lik-vekt koeffisientene gjennomgående er lavere, samt at kurvene er glattere og mer slik teoretiske betraktninger tilsier. Dette skyldes at enkelte stasjoner får for stor dominans ved Thiessens vekt-metode.

Arealkoeffisienter med Gjettum som basis-stasjon er vist i vedlegg A. Hovedinntrykket av disse kurvene er et relativt utryddig forløp i forhold til kurvene med Blindern som basis. Arealreduksjonskoeffisientene har også høyere tallverdier for Gjettum. Årsakene til avvikene mellom Blindern- og Gjettum kurvene skyldes forskjeller i nedbørmønsteret på disse stasjonene.

### 7.3 Visualisering av arealfordelingen av regnintensitet på tre stasjoner for de 16 største regn i 1977 og 1980

Figurene 18 til 33 viser regnintensitetene fra Vika, Øvrevoll og Blindern for 7 av de største regnskyllene i 1977 og 9 av de største i 1980. Disse tre stasjonene er valgt siden avstandene mellom de er relativt korte og man har mange år med felles måleperioder. Det er valgt å plote kun for 3 stasjoner samtidig for å beholde oversikten på variasjonene. For de 16 plottede regnene har Øvrevoll høyest intensitet for 7 regn, Blindern for 5 og Vika for 4. Dette tilsier at ingen av stasjonene kan sies å peke seg ut i spesiell retning med hensyn til å dominere med høyest intensitet. I 4 av de 16 regnene har minst en av de tre stasjonene null nedbør under hele regnforløpet. For de resterende 12 store regnskyllene er maksimalintensitetene for de to høyeste regninsitetene i middel 183 % høyere enn maksimal intensiteten på den laveste målte stasjonen.

REGN 8. JUNI 1977

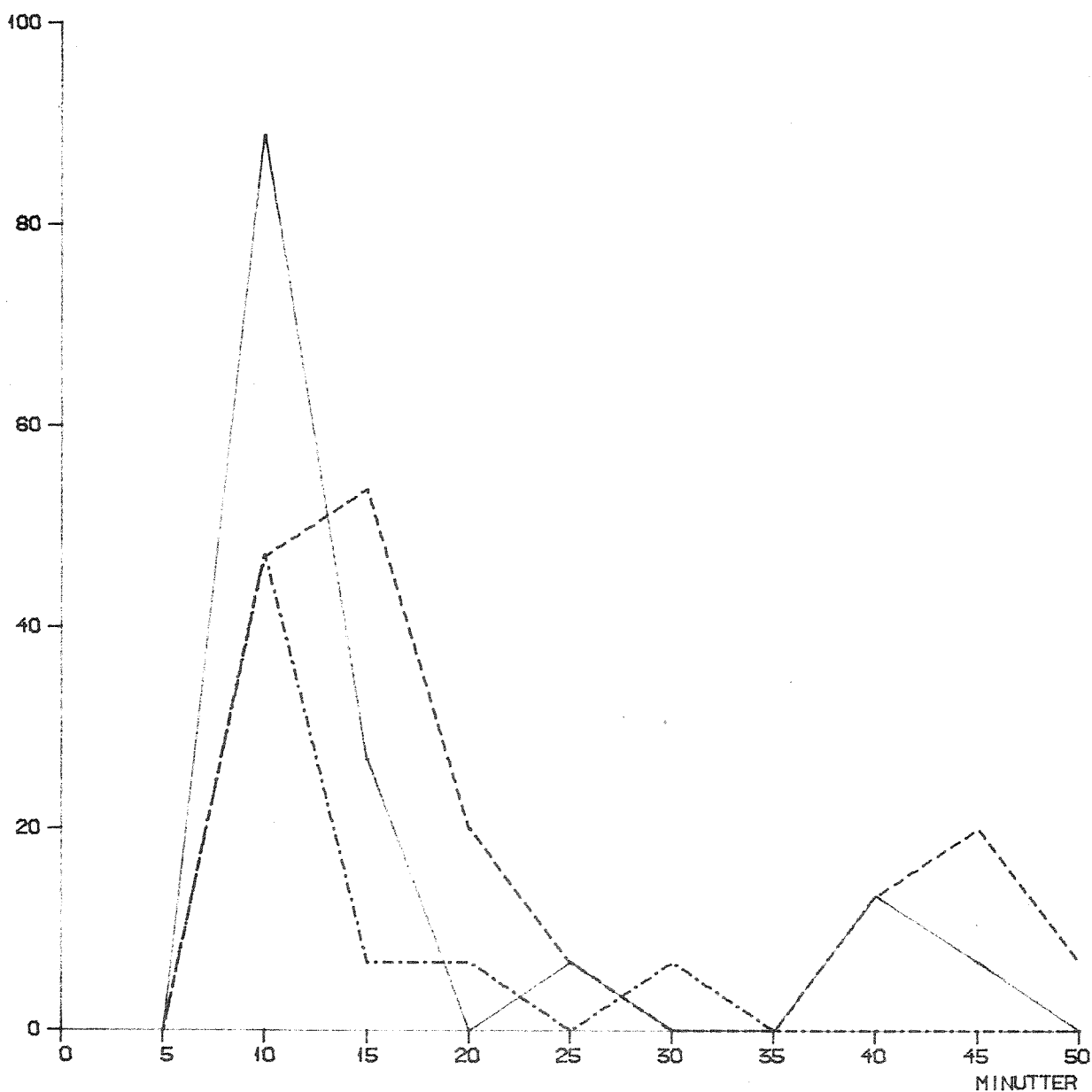


FIGUR 18. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 13.50

— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

REGN 11. JUNI 1977

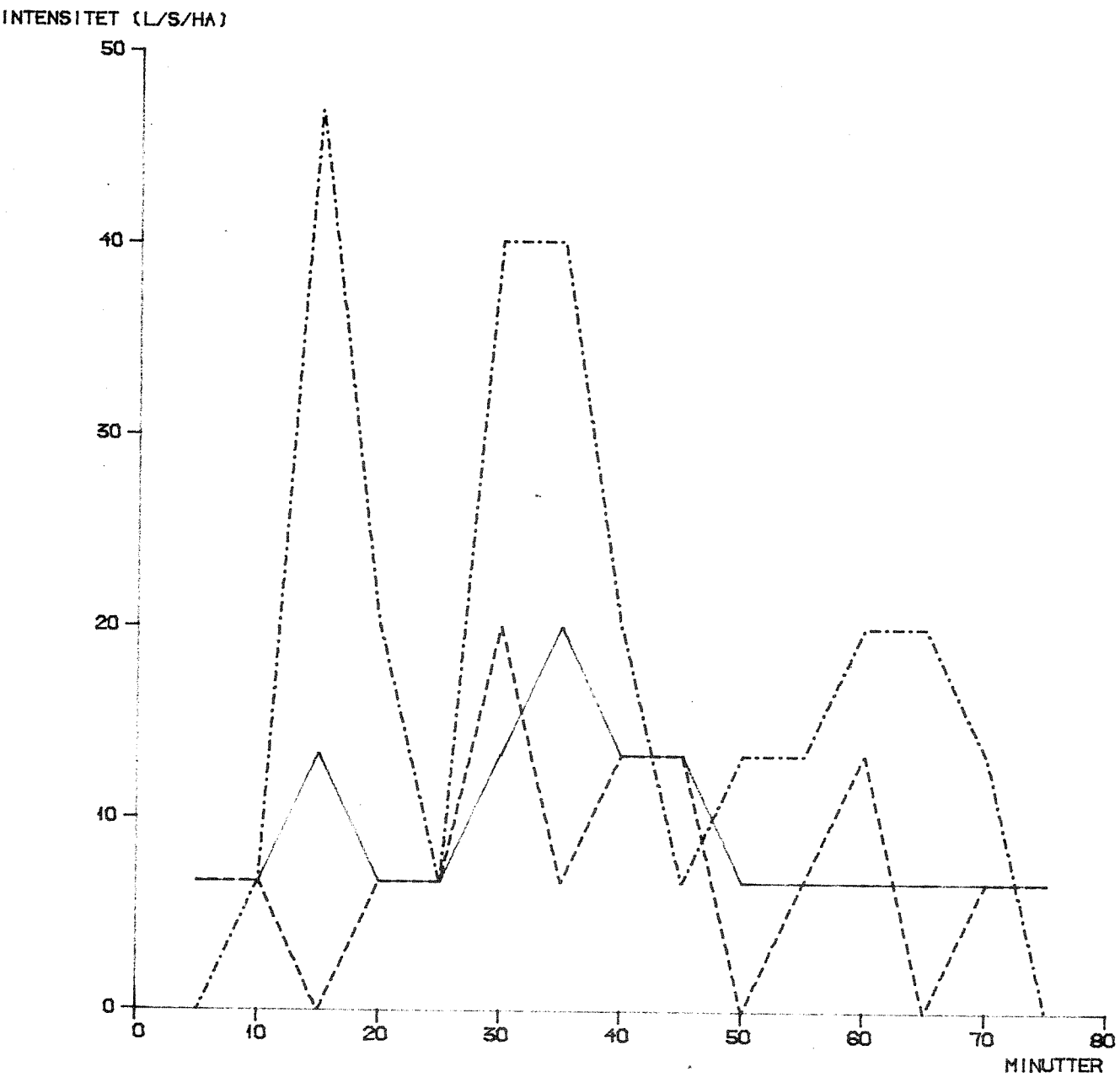
INTENSITET (L/S/HA)



FIGUR 19. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 8.30

— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

REGN 1. JULI 1977

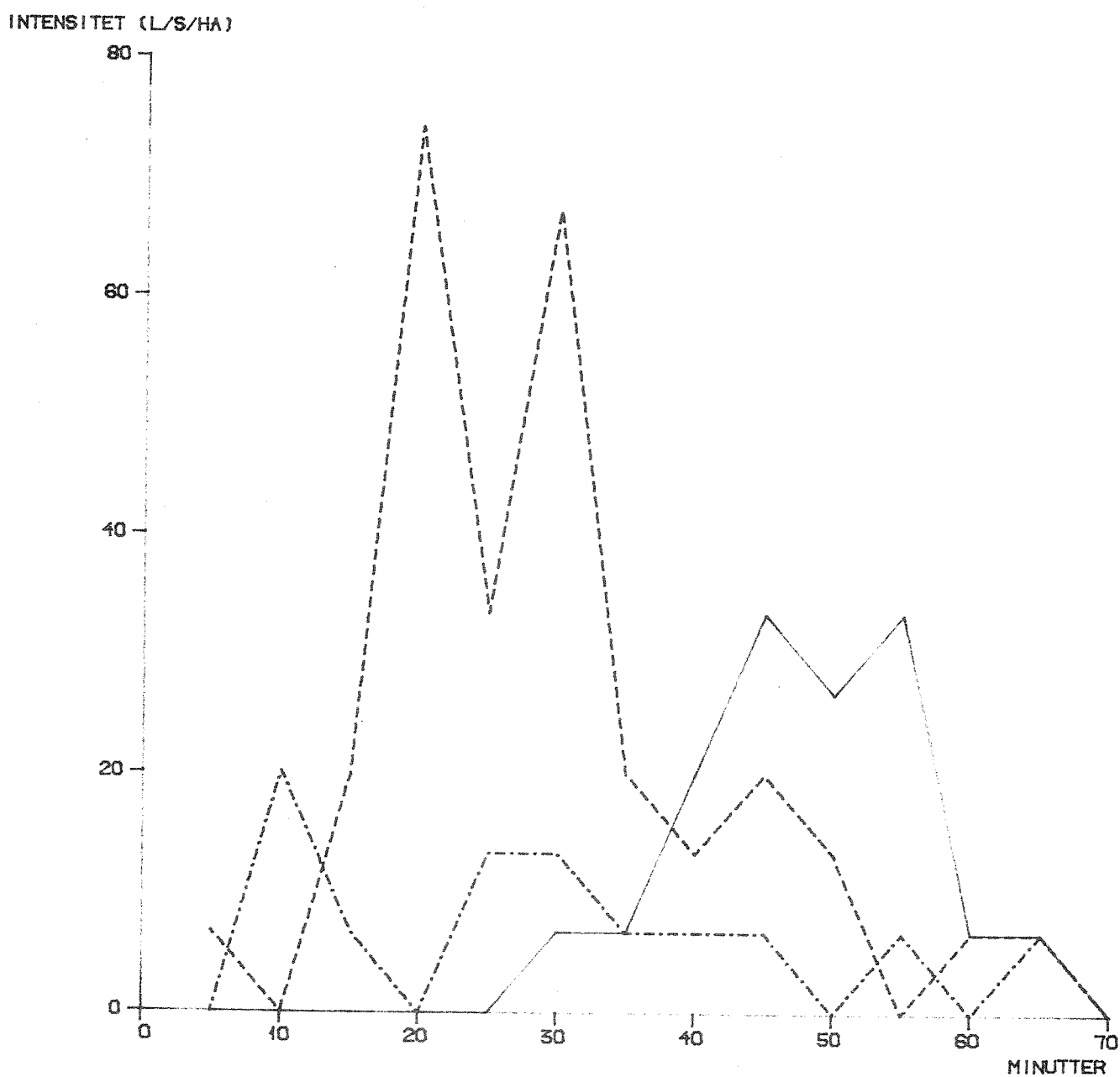


FIGUR 20. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 4.40

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - . ØVREVOLL



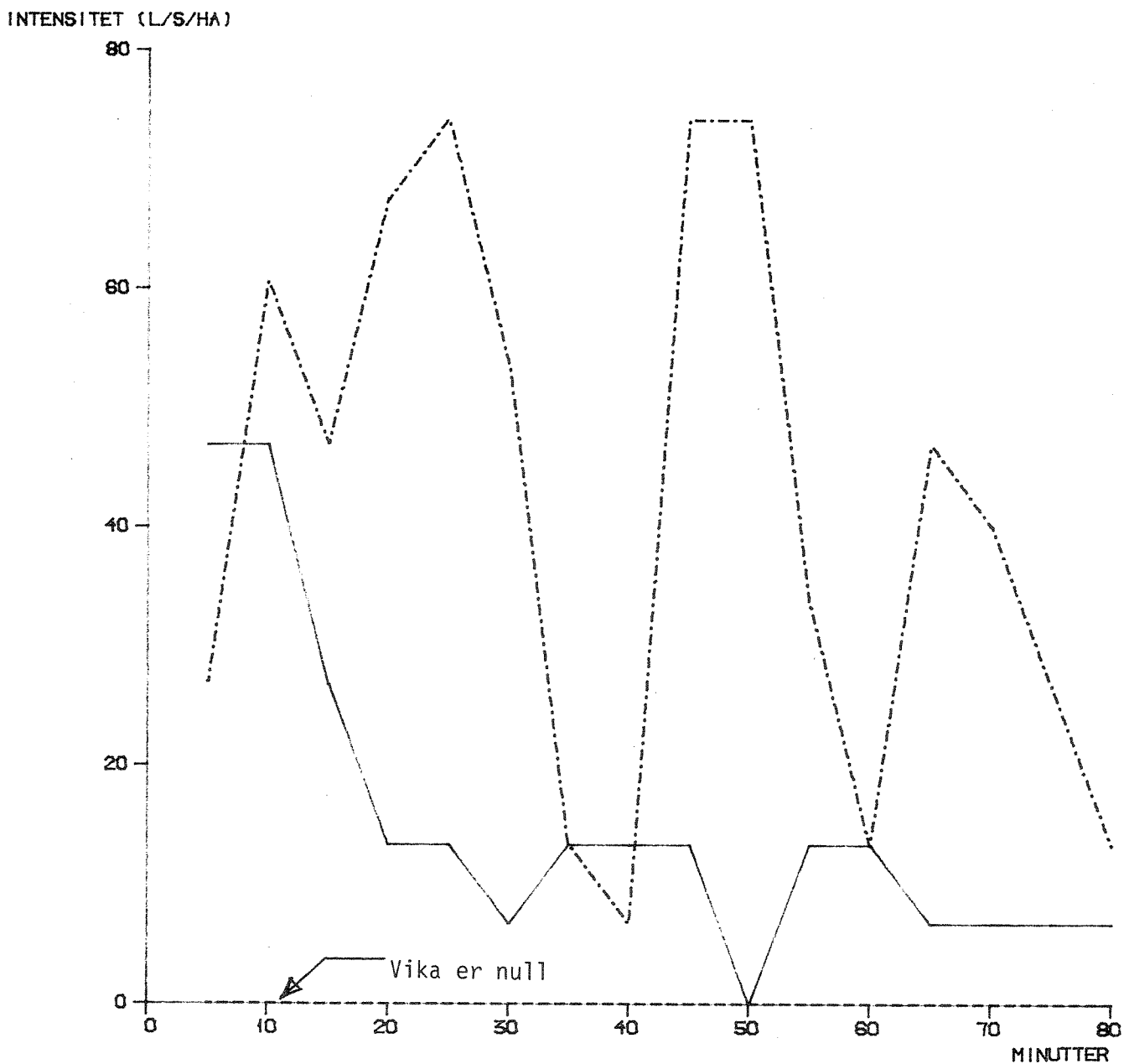
REGN 24. JULI 1977



FIGUR 21. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 12.30

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - . ØVREVOLL

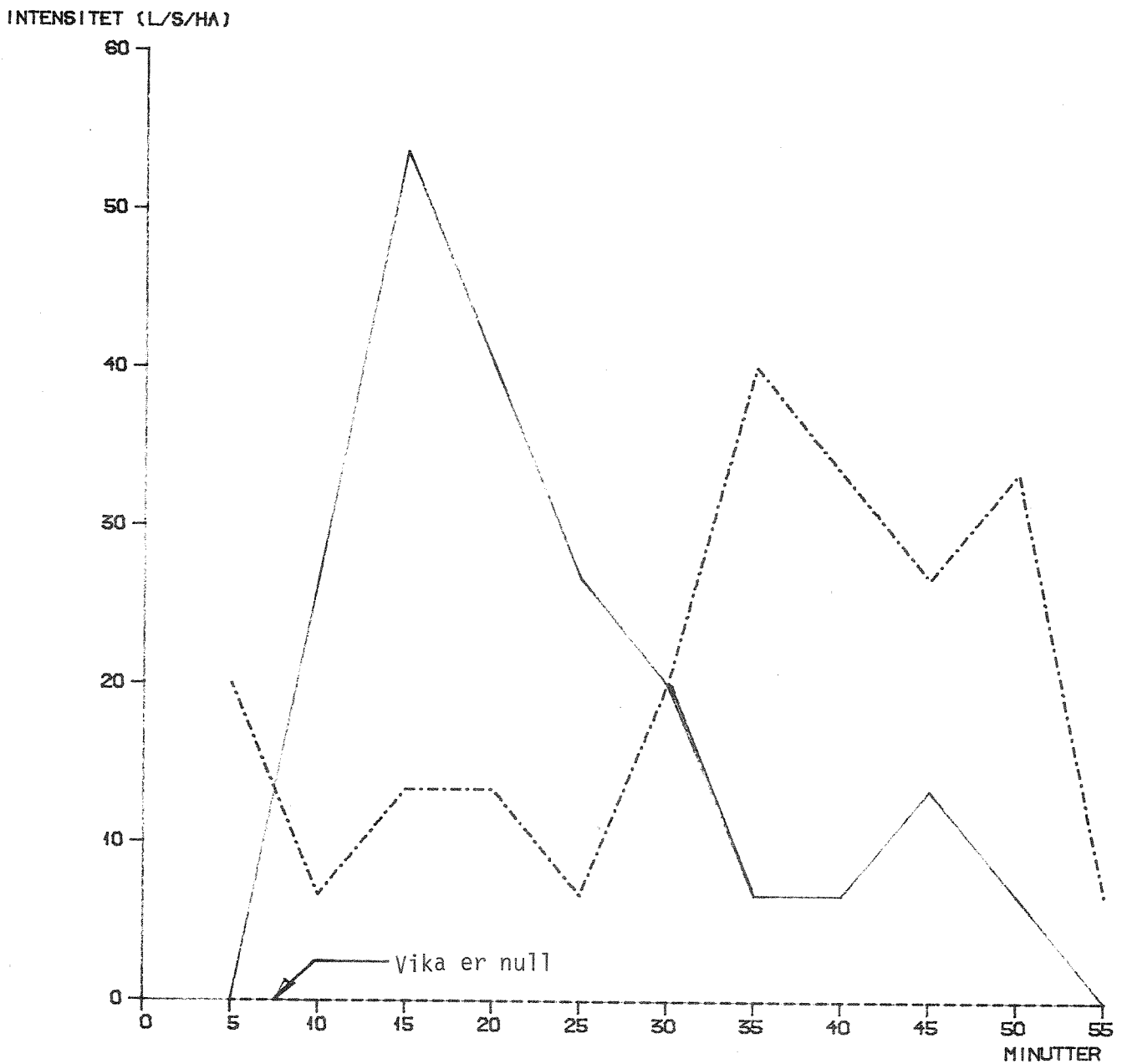
REGN 25. JULI 1977



FIGUR 22. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 19.55

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - ØVREVOLL

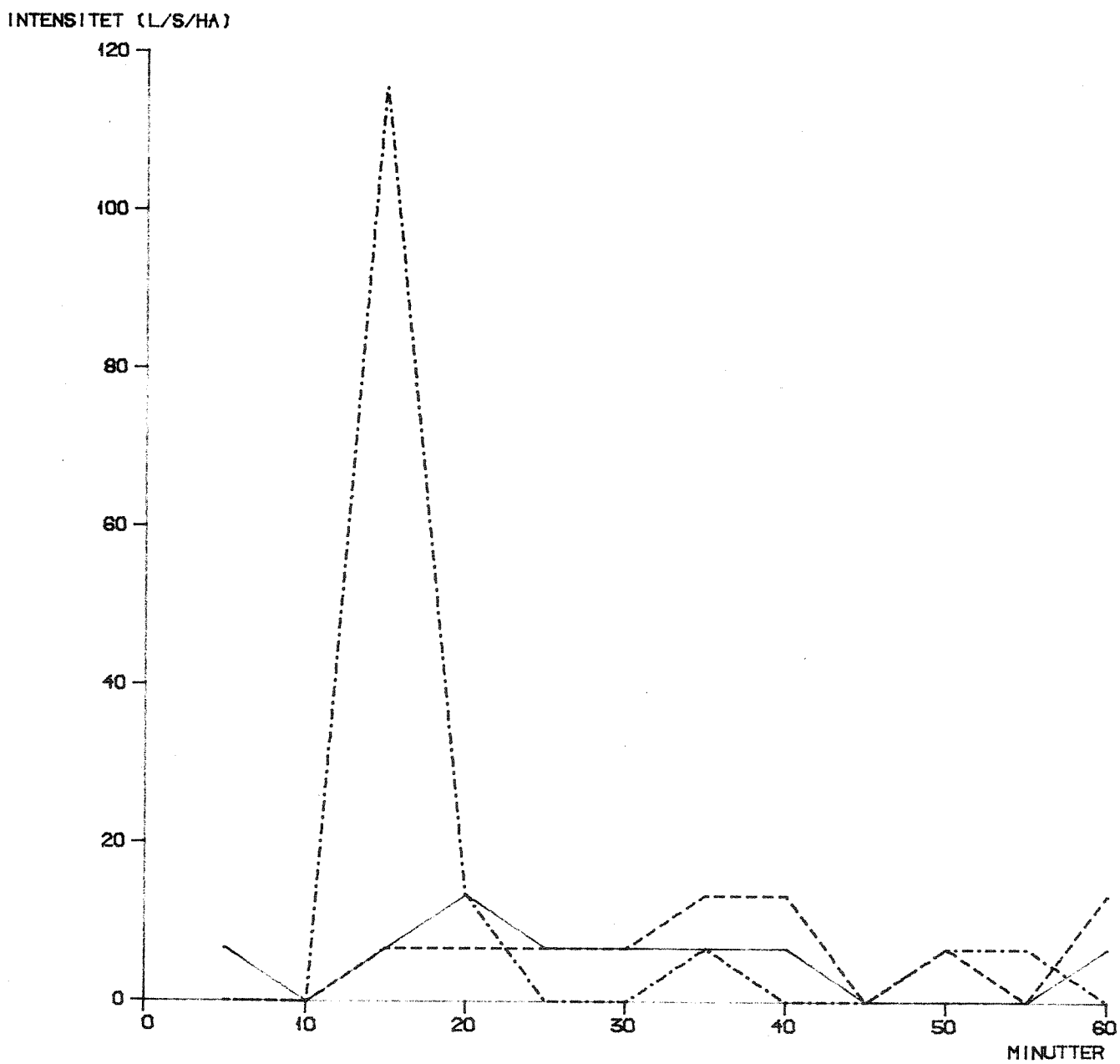
REGN 26. JULI 1977



FIGUR 23. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 00.30

— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

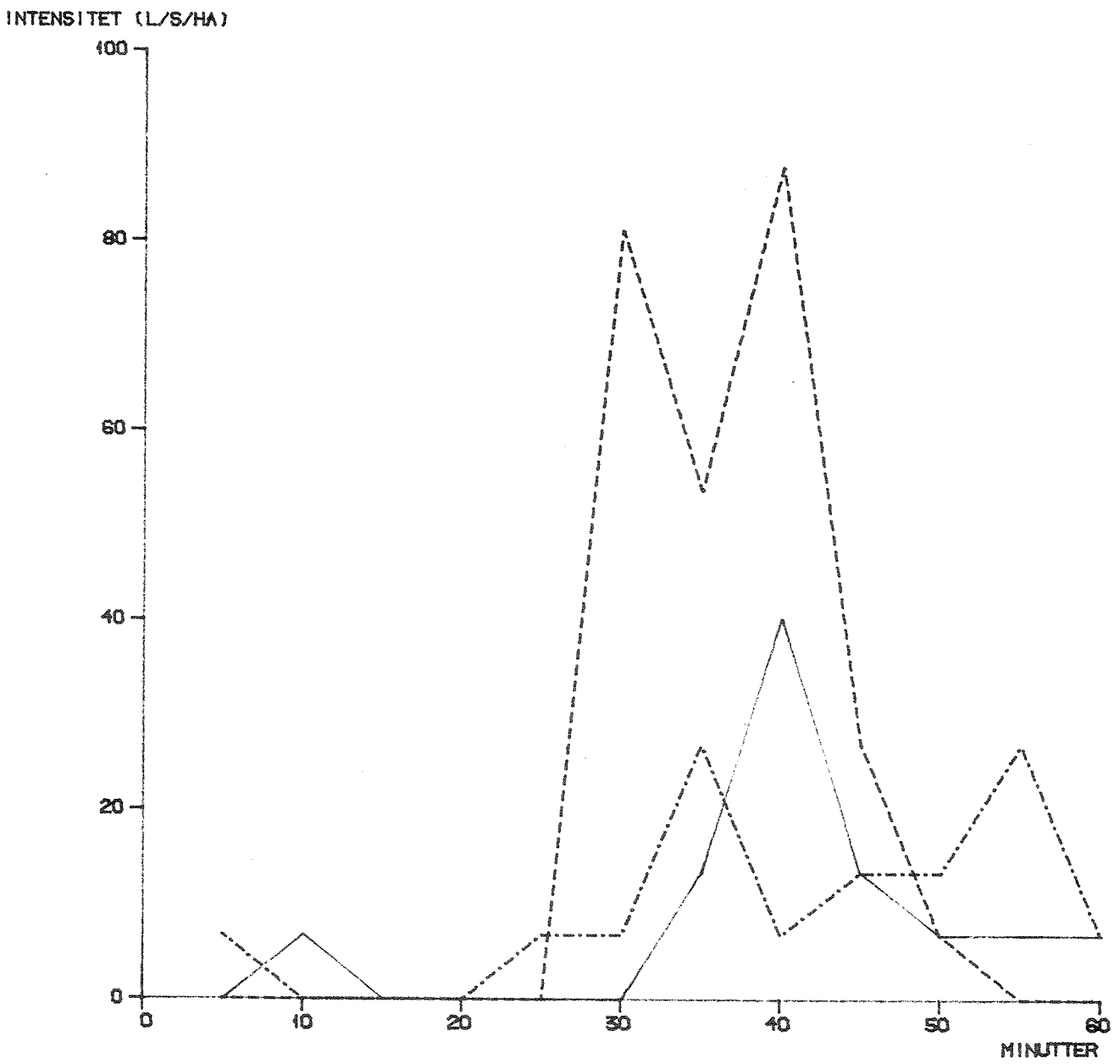
REGN 26.AUGUST 1977



FIGUR 24. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 7.00

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - ØVREVOLL

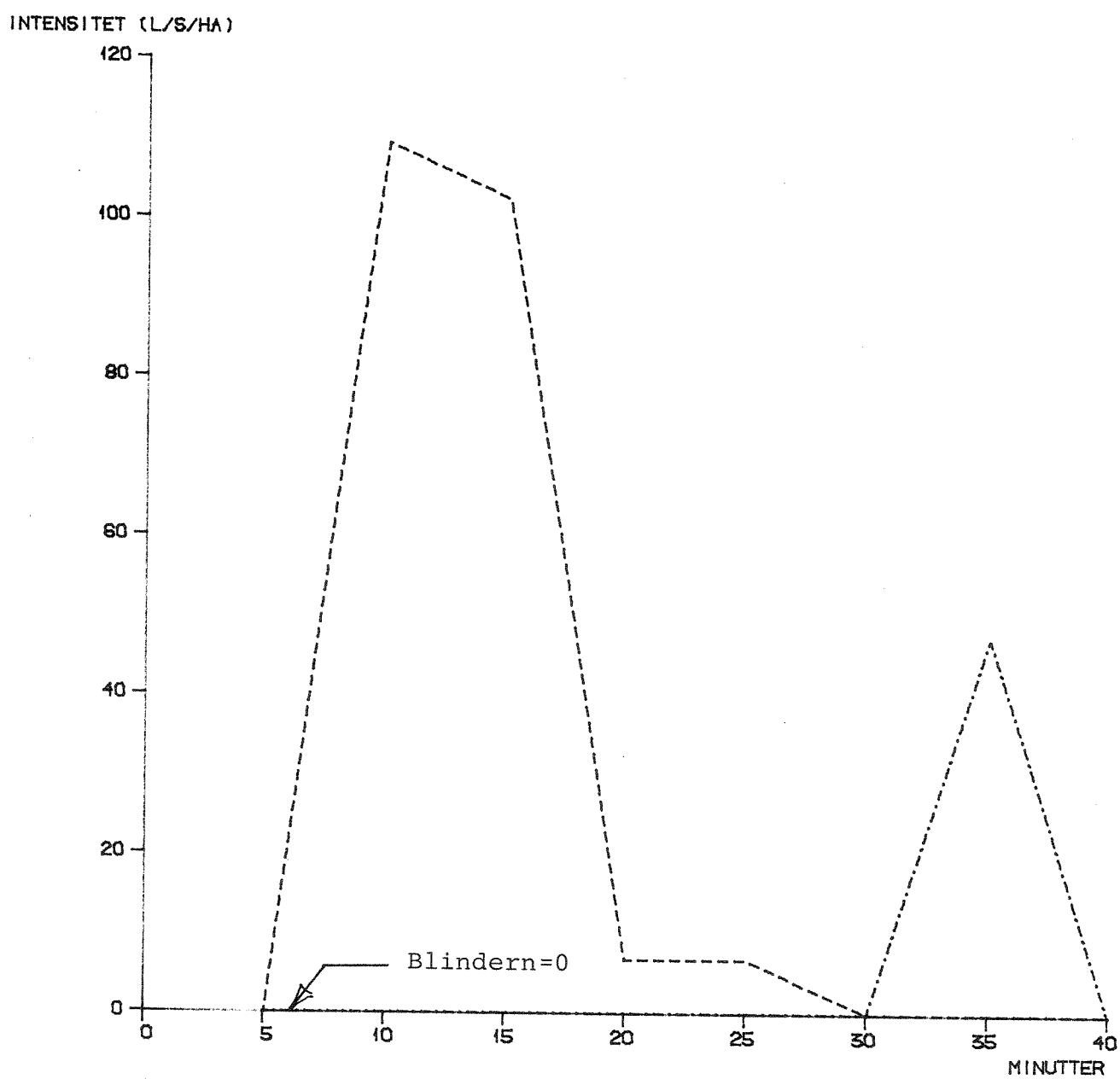
REGN 29.MAI 1980



FIGUR 25. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 20.00

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - ØVREVOLL

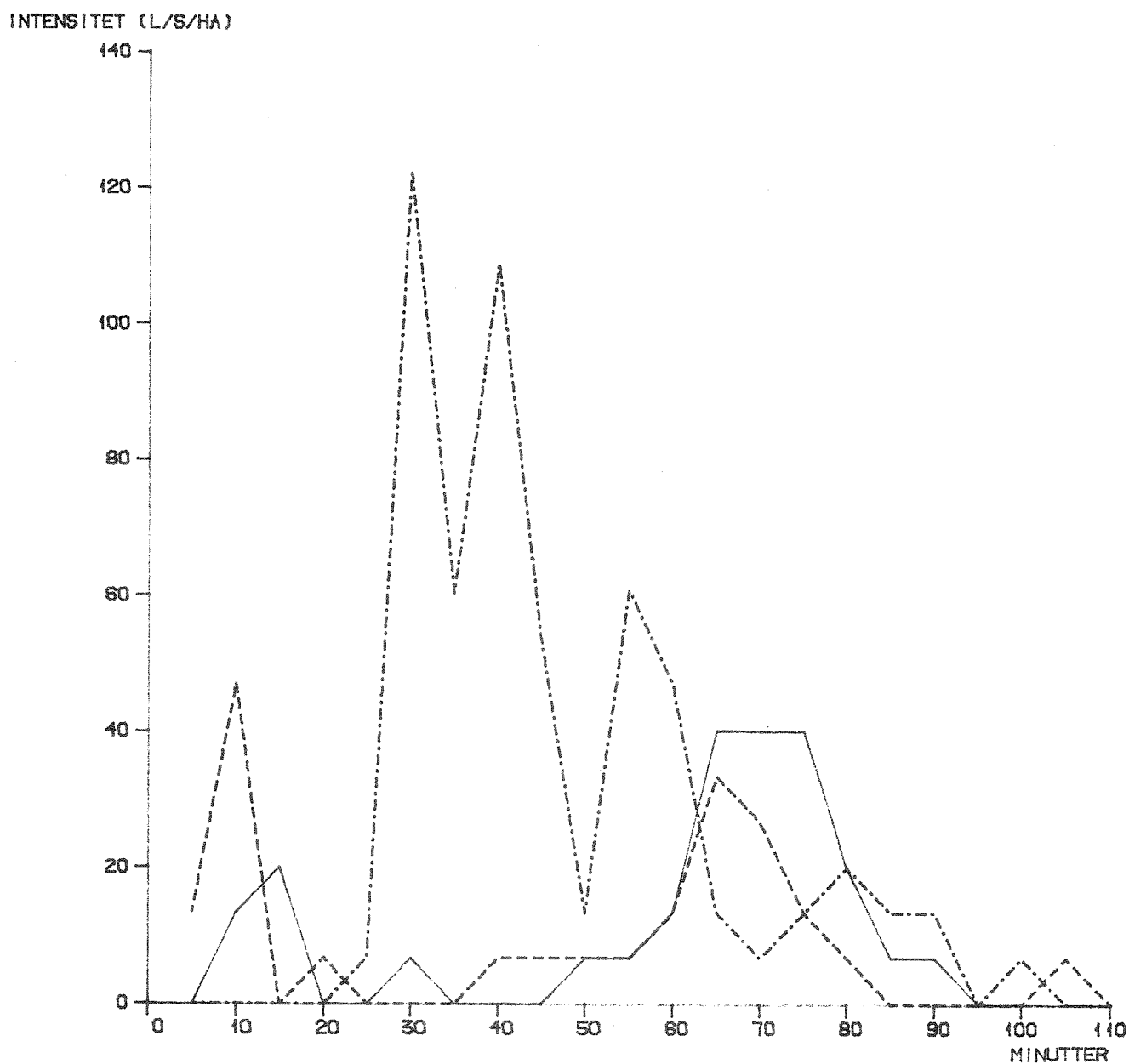
REGN 7. JUNI 1980



FIGUR 26. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 14.30

— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

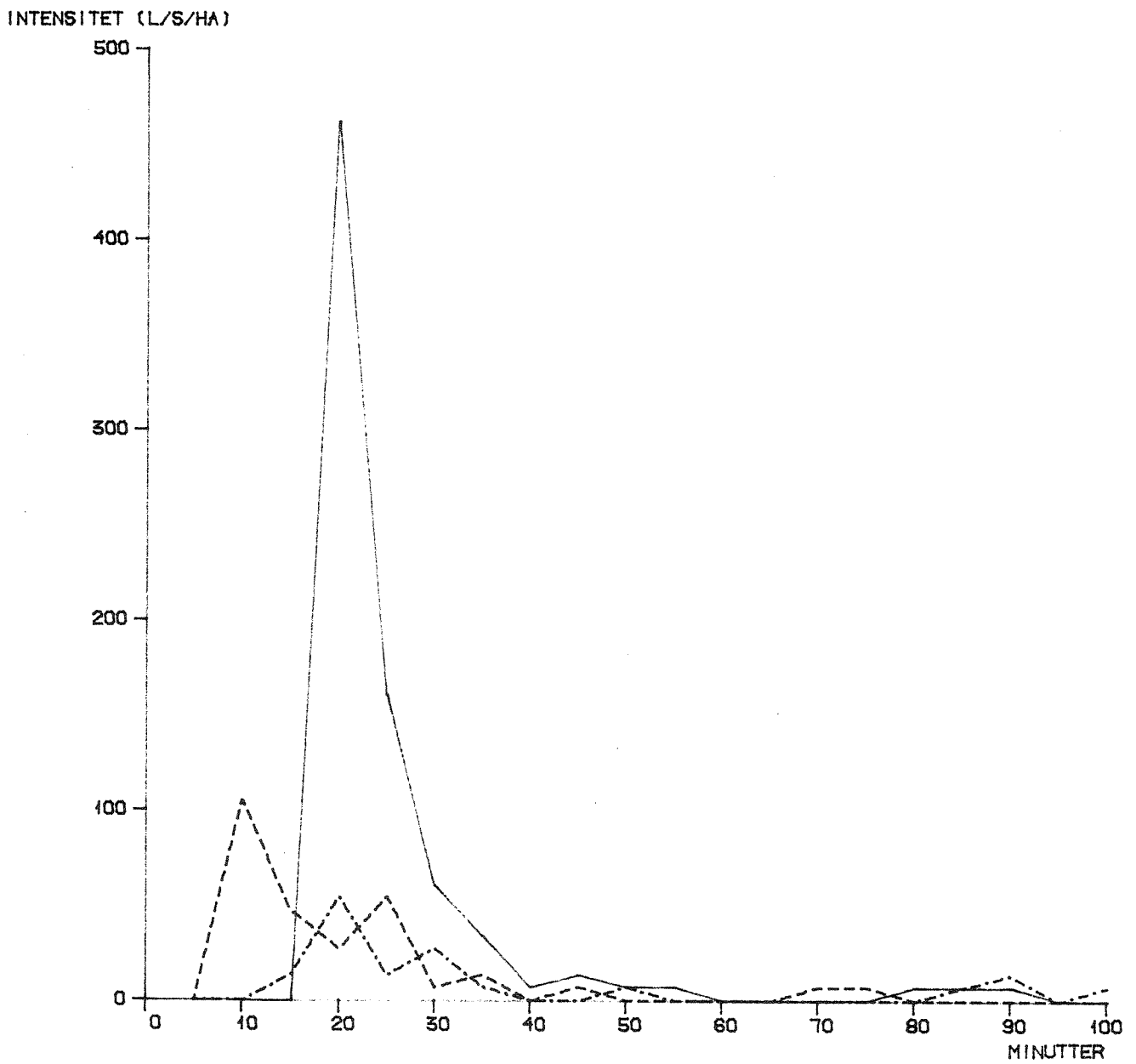
REGN 8. JUNI 1980



FIGUR 27. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 16.10

— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

REGN 17. JUNI 1980

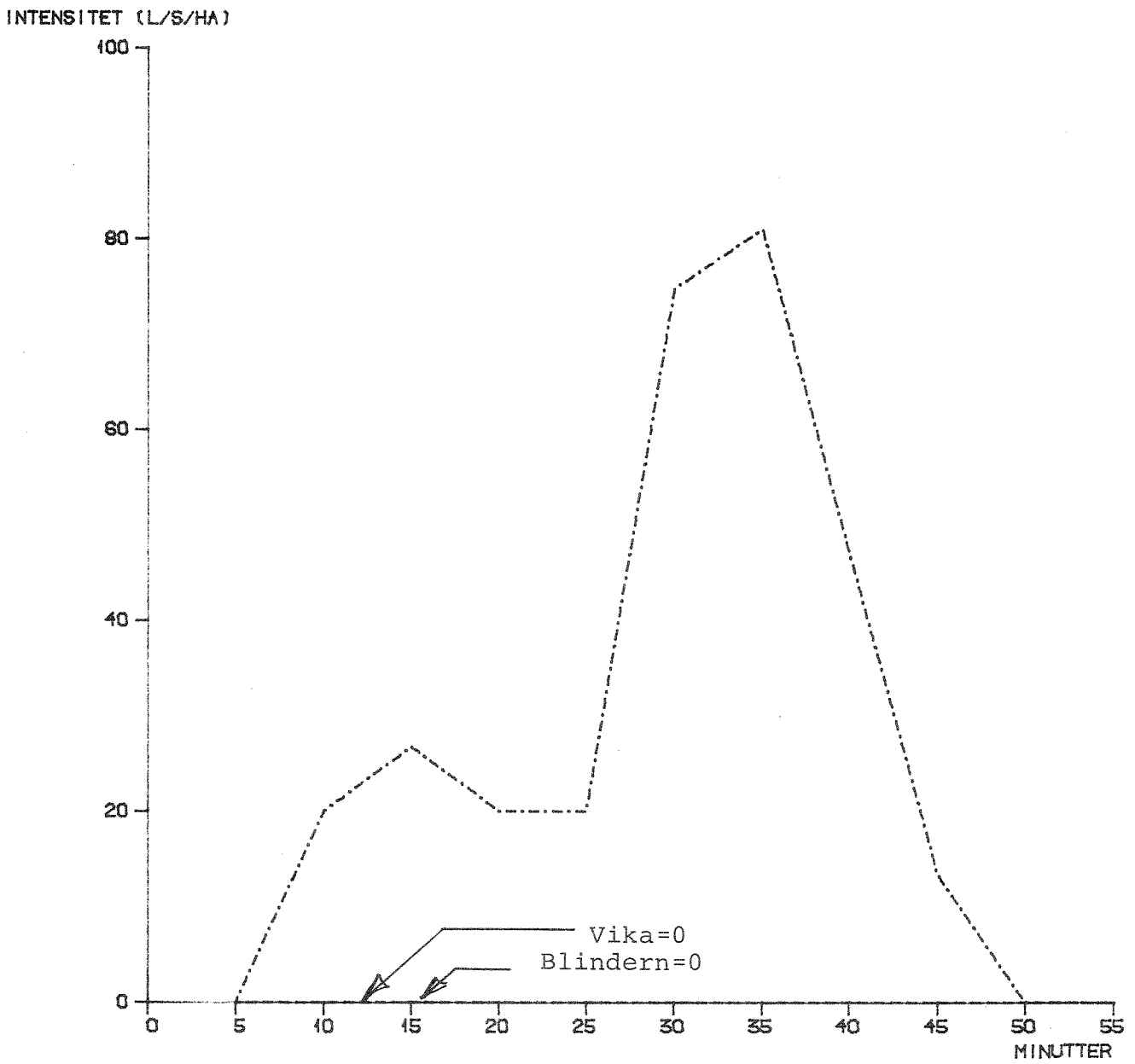


FIGUR 28. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 14.20

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - ØVREVOLL



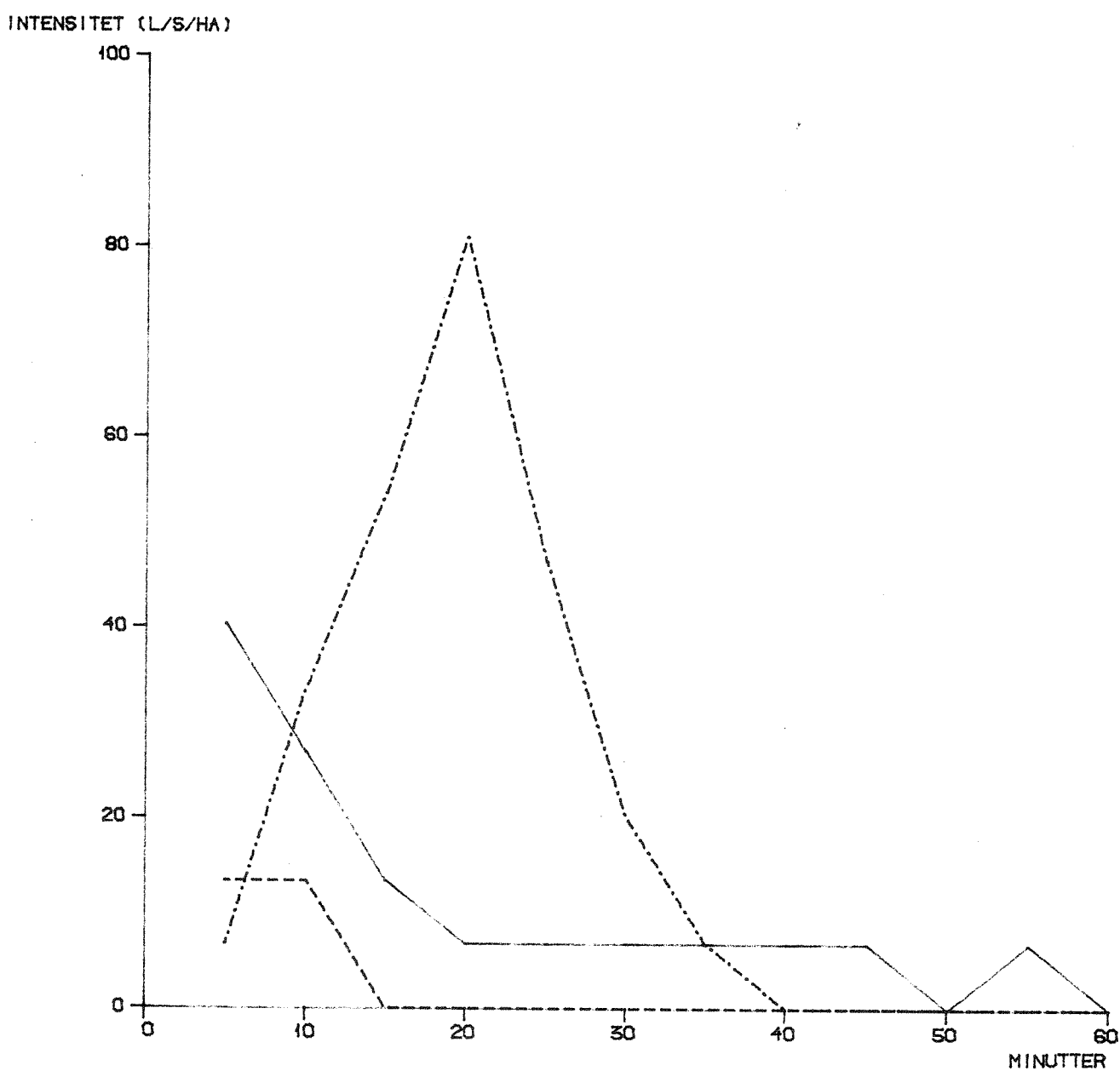
REGN 26. JUNI 1980



FIGUR 29. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 9.40

— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

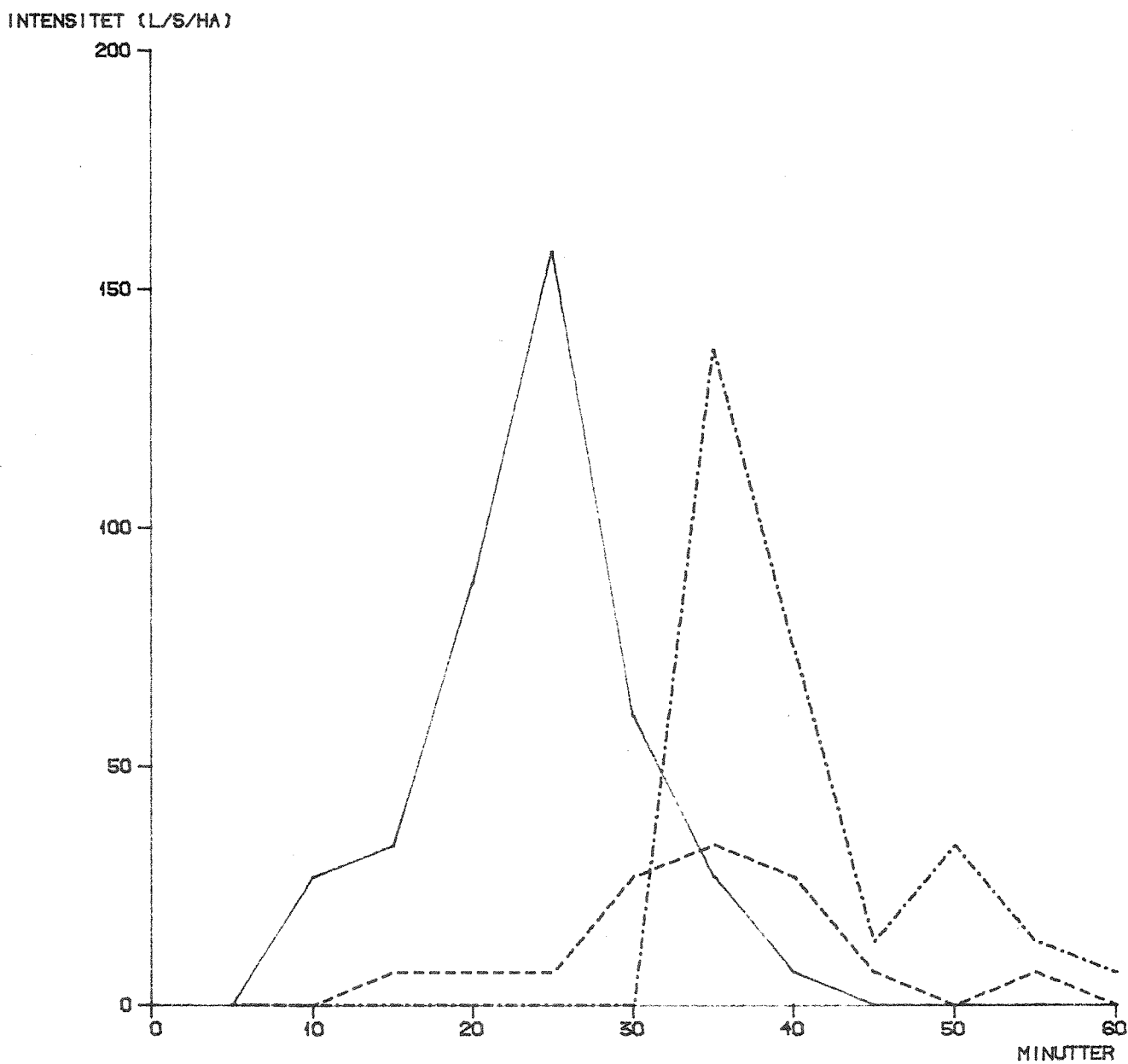
REGN 26. JUNI 1980



FIGUR 30. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 13.00

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - . ØVREVOLL

REGN 3. JULI 1980

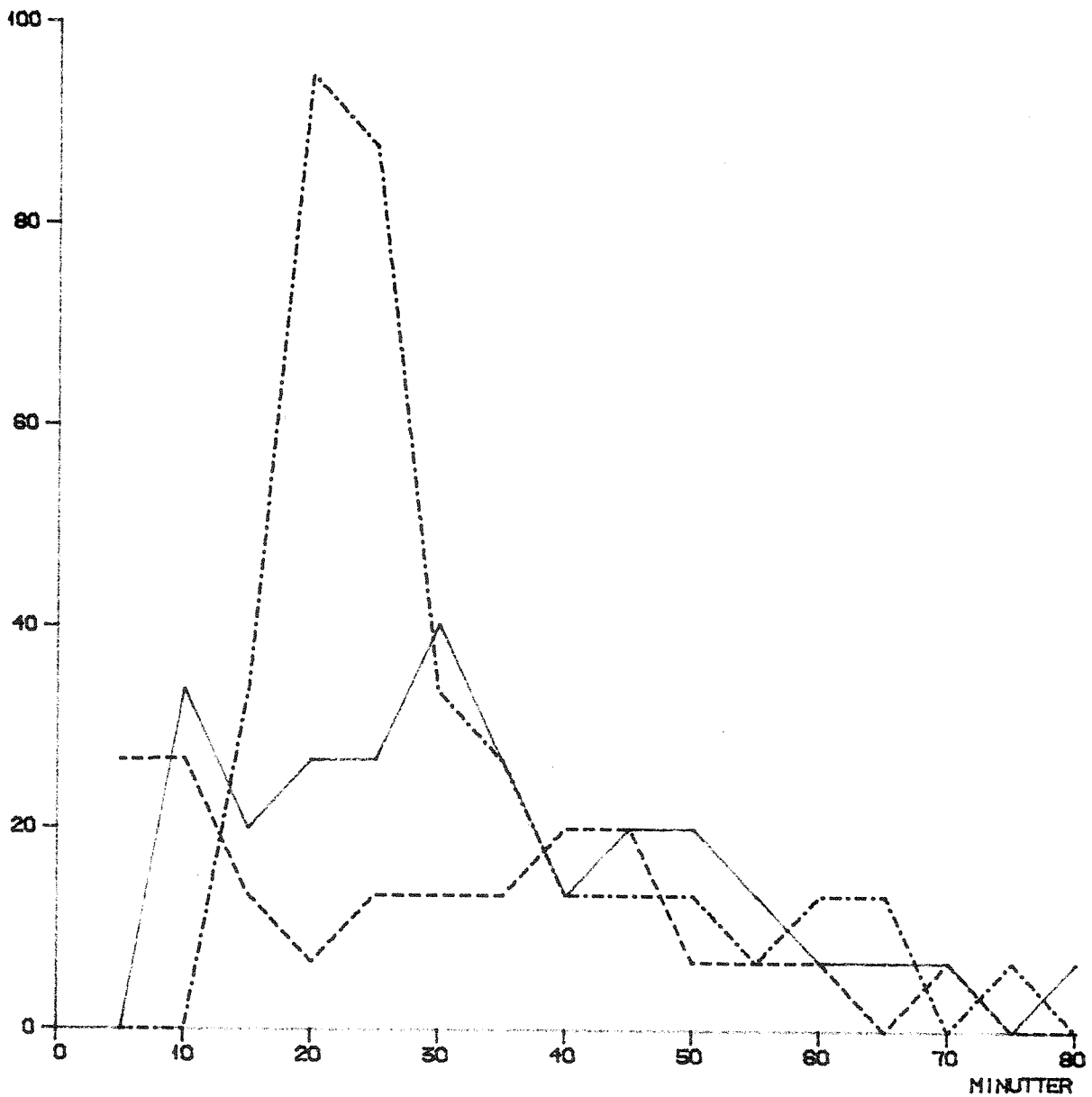


FIGUR 31. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 12.00

————— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

REGN 15. JULI 1980

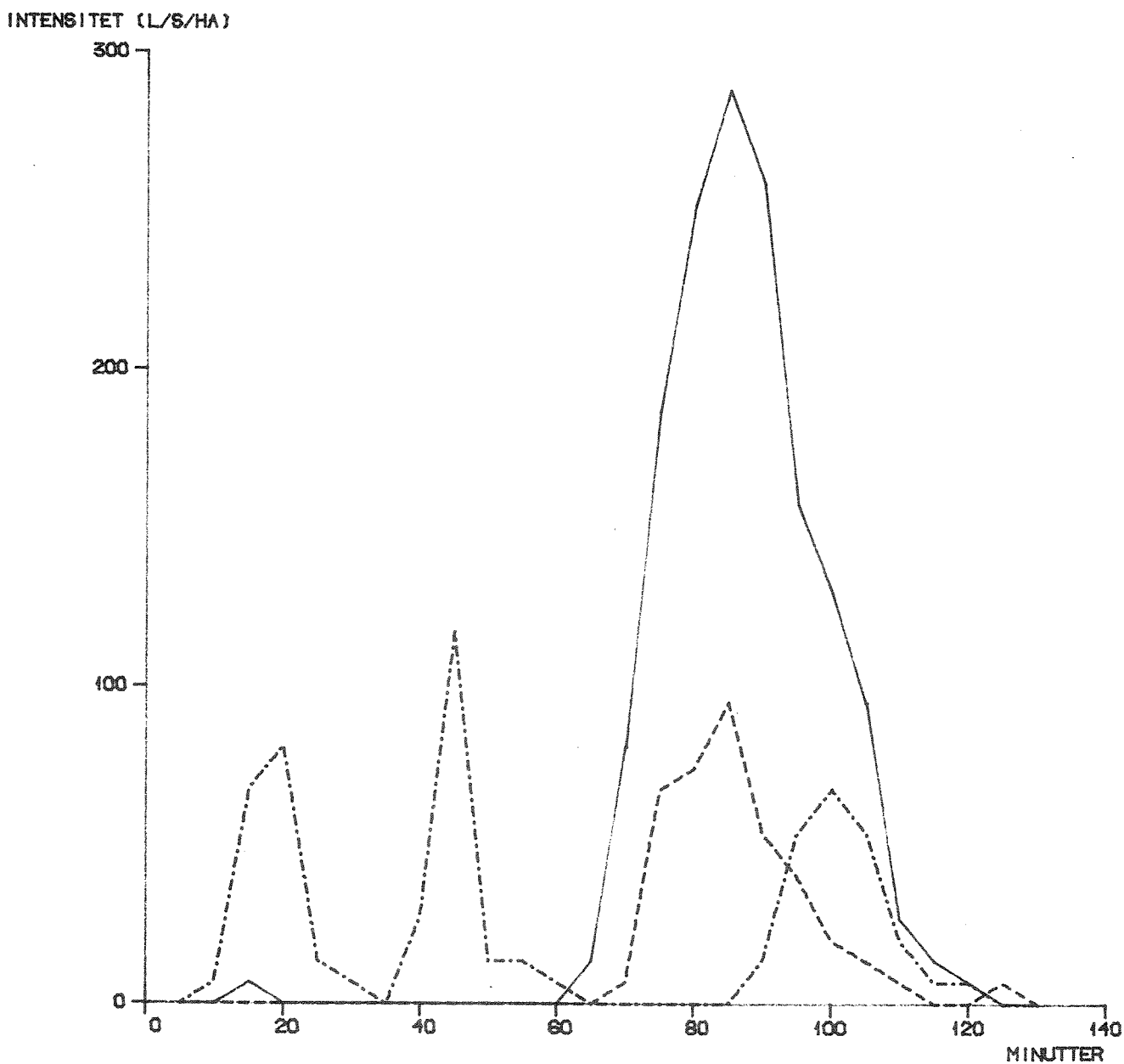
INTENSITET (L/S/HA)



FIGUR 32. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 14.10

—— BLINDERN, - - - - VIKA, -.-.-.- ØVREVOLL

REGN 7.AUGUST 1980



FIGUR 33. MIDLERE VERDIER HVERT 5 MINUTT FRA KL. 0.20

— BLINDERN, - - - - VIKA, - . - . - ØVREVOLL

Regnvolumene oppviser også lignende store avvik fra stasjon til stasjon for korresponderende regnskyll.

Figurene viser med stor tydelighet at svært store variasjoner mellom nærliggende stasjoner må ventes for regnintensitet og regnvolum i de samme regnhendelsene.

Man kan umiddelbart trekke den konklusjon, på basis av de enorme avvikene i regnintensitet i samme øyeblikk, at konstant arealfordeling av regnintensitet målt i et gitt punkt i Oslo-området ikke bør brukes på større arealer enn 1 - 2 km<sup>2</sup> eller 100 - 200 ha.

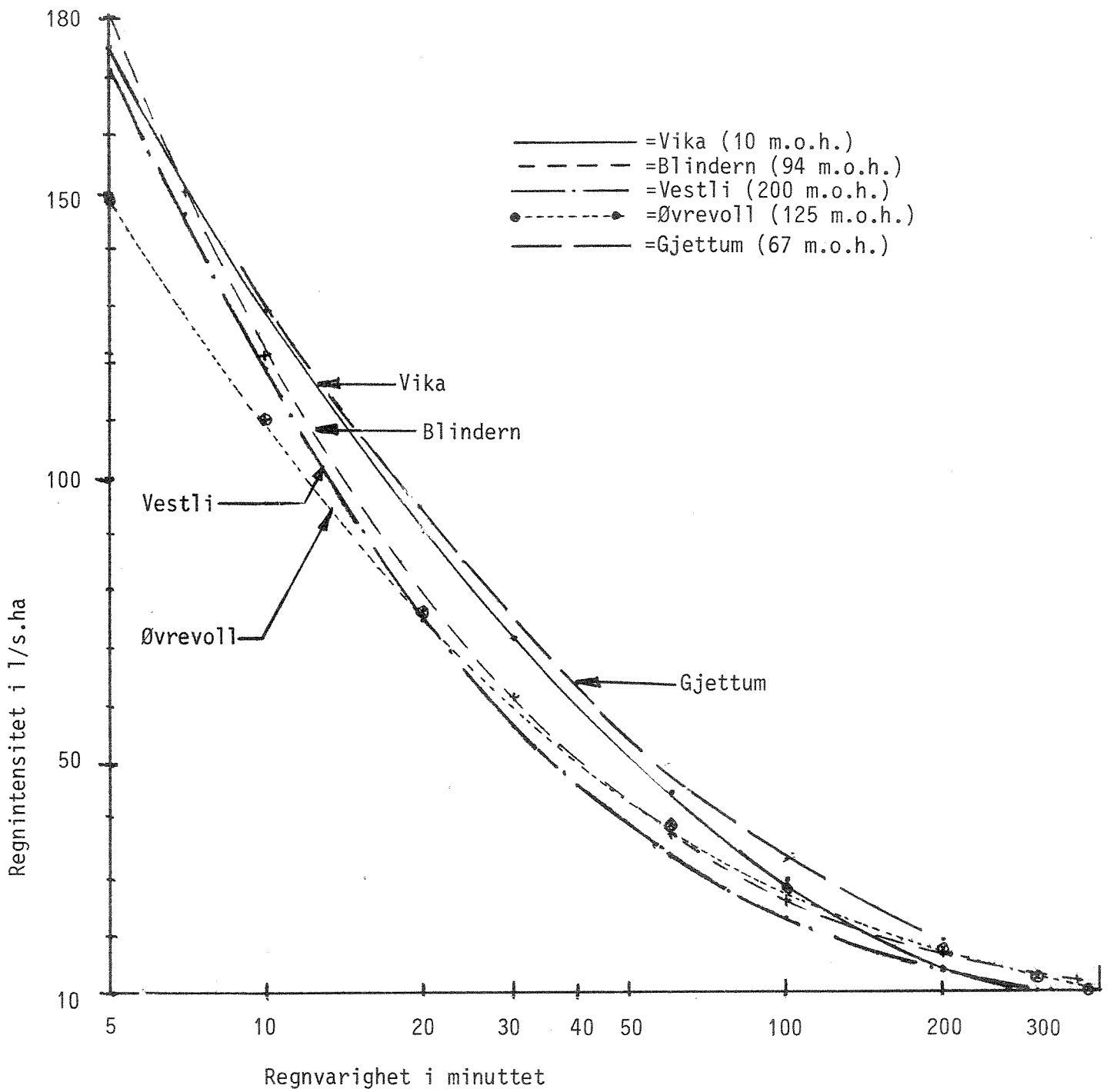
Regner man konstant arealfordeling for større områder enn dette i samme øyeblikk, basert på en punktmåling, vil feilen fort bli meget betydelig. Dette gjelder primært for regn av kortere varighet som f.eks. 10 - 60 min. med stor regnintensitet.

#### Sammenligning av intensitets-varighets-hyppighetskurvene for pluviografene i Oslo-området

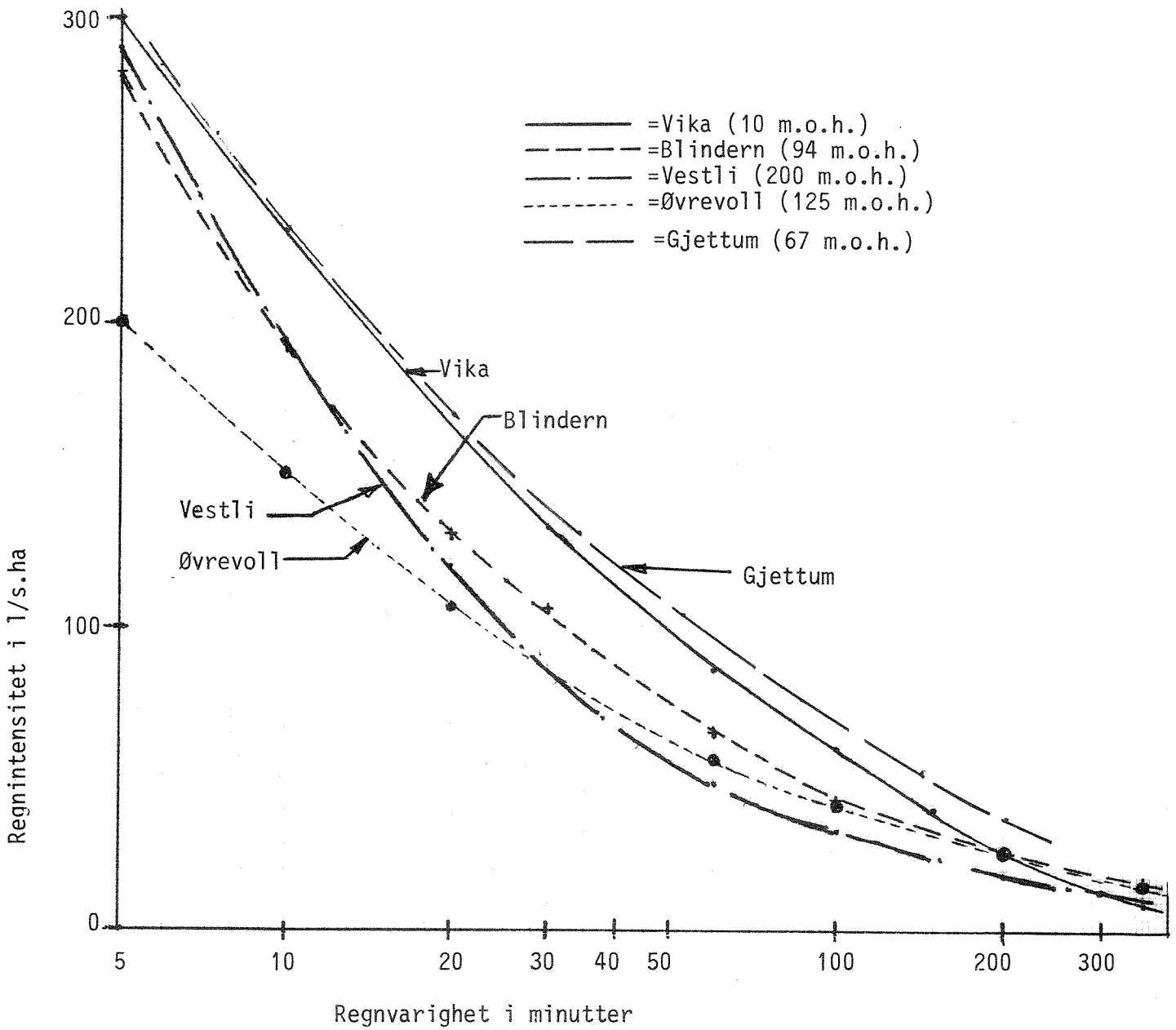
På figur 34 og 35 er vist intensitets-varighets-hyppighetskurvene for Vika, Blindern, Vestli, Øvrevoll og Gjettum. På nåværende tidspunkt er det ikke tegnet kurver for Bjerkebanen og Oppsal.

For 2-års hyppighet er de fire førstnevnte stasjonene plottet samlet i figur 34 og for 10-års hyppighet i figur 35.

Gjettums kurver ligger noe høyere enn de øvrige stasjoners kurver. Dette gjelder for alle regnvarigheter og både 2 samt 10-års gjentakintervall. Vika ligger nest høyest i intensitet fra de minste varigheter (5 - 7 minutter) til henholdsvis 2 timer for 2 års regnet og til 3 timer for 10-års regnet. Dette er de regnvarigheter som vanligvis er av interesse for dimensjonering av avløpsanlegg i tettsteder og byer. Dette på tross av at Vika har den laveste topografiske beliggenheten (10 meter over havet).



Figur 34 Sammenligning av 2-års kurvene i Oslo-området



Figur 35 Sammenligning av 10-års kurvene i Oslo-området



Vestli har de laveste intensitetene for større varigheter av regnskyllene for både 2 og 10-års regn. Vestli ligger forøvrig topografisk høyest av alle målestasjonene, med sine 200 meter over havet.

Øvrevoll har for de kortere varigheter av regnskyllene lavest intensitet. Blindern ligger stort sett omhyllet av kurvene fra de andre stasjonene. Dette er naturlig da Blindern-kurven er basert på registreringer for perioden 1941 - 1979, mens de andre kurvene er beregnet på grunnlag av bare noen få års registreringer. Man må regne med at kurvene for Gettum og Vika reduseres med årene og at alle vil bli noenlunde lik Blinderns.

Hvis man splitter opp Blindernserien i flere korte serier, får man stor spredning omkring kurvene for hele serien.

Gjettums regnintensiteter er sannsynligvis for høye slik de kommer til uttrykk i figur 34 og 35. Dette skyldes at ulike tidsperioder for stasjonenes dataserier er fremstilt på samme figur.

Når man vurderer intensitetskurvene sammen med de beregnede arealreduksjonskoeffisientene, må det også noteres at året 1980 er med i arealreduksjonsberegningene, men ikke i intensitetskurvenes dataserier.

## 8. INNVIRKNING PÅ HYDROGRAMMER FRA AVLØPSFELT

### 8.1 Eksempel fra Lund

Sett i avløpsteknisk sammenheng har arealfordeling av korttidsnedbør primært betydning i den grad dette virker inn på hydrogrammene for det aktuelle avrenningsfeltet.

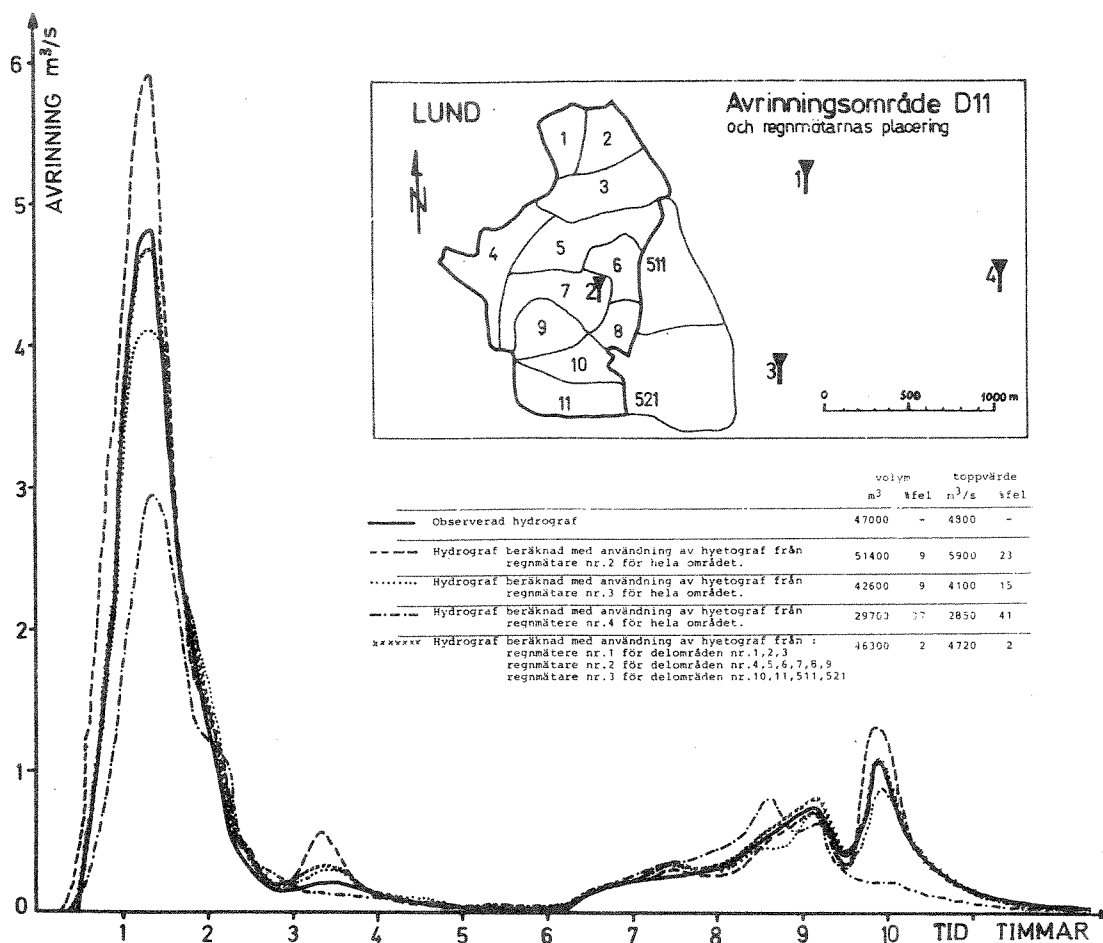
Som tidligere beskrevet har man i Lund hatt et tett nett med pluviografer for studier av arealfordeling. I den samme forbindelse har man også beskrevet (3) et eksempel på innvirkning på hydrogrammene fra et avløpsfelt ved bruk av ulike pluviograf-data. Figur 36 viser resultater fra 3 hydrogram-beregninger med basis i 3 ulike pluviografer, samt med basis i en kombinasjon med tre av pluviografene.

Normalt ville alle alternativene være godt innenfor det man anser for forsvarlige og/eller vanlige fremgangsmåter.

Som man ser av figuren blir maksimal feil i volumavrenningen 37 % i forhold til observert hydrogram, og maksimal feil i høyeste avrenning 41 % i forhold til observert verdi.

Med andre ord medfører usikkerheten i arealfordelingen av korttidsnedbør en meget betydelig unøyaktighet for hydrogram-beregningene.

Når man tar i betraktning at stasjonsnettet i Lund er meget tett og at områdene rundt Lund er meget flate i forhold til normal topografi i Norge, så må man karakterisere avvikene som store.



Figur 36. Eksempel på avrenningsmodellering med anvendelse av ulike regndata. Regn 780910, Lund, område D-11.

Fra referense (3).

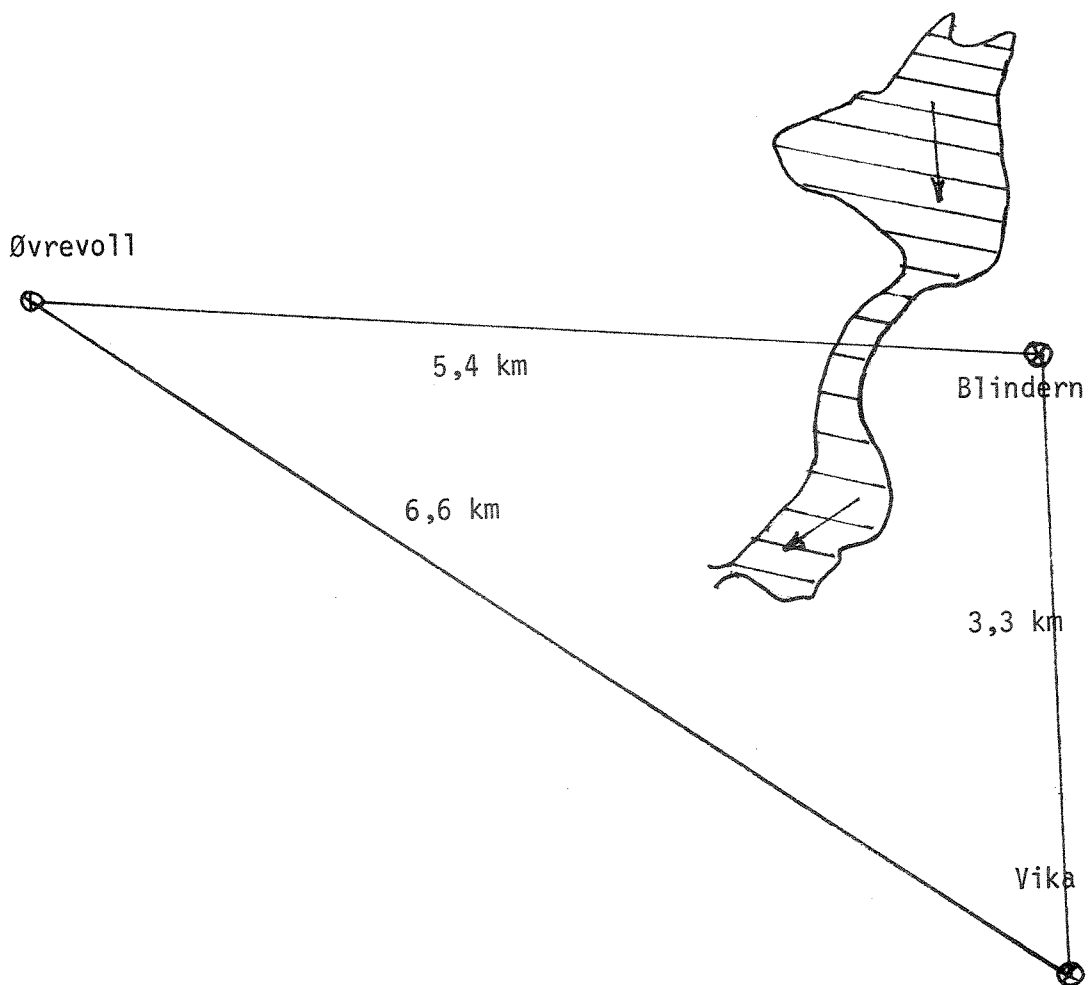
## 8.2 Eksempel fra Oslo

Ser man på eksemplene fra de 16 store regnskyllene i 1977 og 1980, er det lett å konstatere at utslagene i hydrogrammer ved valg av ulike pluviografmålinger må bli svært store. Ved 4 av de 16 regnskyllene har minst en av de tre nedbørstasjonene null nedbør gjennom hele regnforløpet. Beregning av maksimale prosentavvik mellom stasjonene blir da meningsløst.

Det er likevel valgt ut 3 regndager som grunnlag for hydrogram-beregninger. Dagene er 8. juni 1977, 24. juli 1977 og 26. juni 1980. Disse dagene antas å være representative for hva man kan vente av utslag på relativt nedbørintensitet dager i Oslo-området. Avløpsfeltet som

er valgt drenerer ned til Vestre Gravlund, og har en befolkningstetthet på ca. 20 pers. pr. hektar. Det geografiske midtpunktet i feltet ligger ca. 1,2 km fra pluviografen på Blindern, ca. 4,2 km fra Øvrevoll og ca. 3,5 km fra Vika. Se figur 37.

Feltets areal er ca. 122 ha, antall ledningsstrekninger er 58 og avrenningskoeffisienten er i middel ca. 0,15. Avstandene på 1 - 4 km fra pluviograf til feltets midtpunkt er innenfor det man regner for "gunstig" nærhet i norske kommunaltekniske beregninger i dag. Hydrogram-beregningene er derfor utført med hver pluviografers individuelle målinger for å vise de utslag man må vente med avløpsfelt beliggende i norsk topografi.



Figur 37. Avløpsfeltets plassering.

Hvis man ønsket å beregne en midlere arealnedbør på basis av de tre omkringliggende pluviografene kunne man f.eks. bruke Thiessens metode.

Dersom Thiessens metode ble benyttet for å vekte stasjonenes individuelle målinger, ville imidlertid Blindern blitt tillagt vekten 1,0 mens Vika og Øvrevoll begge ville få vekten 0.

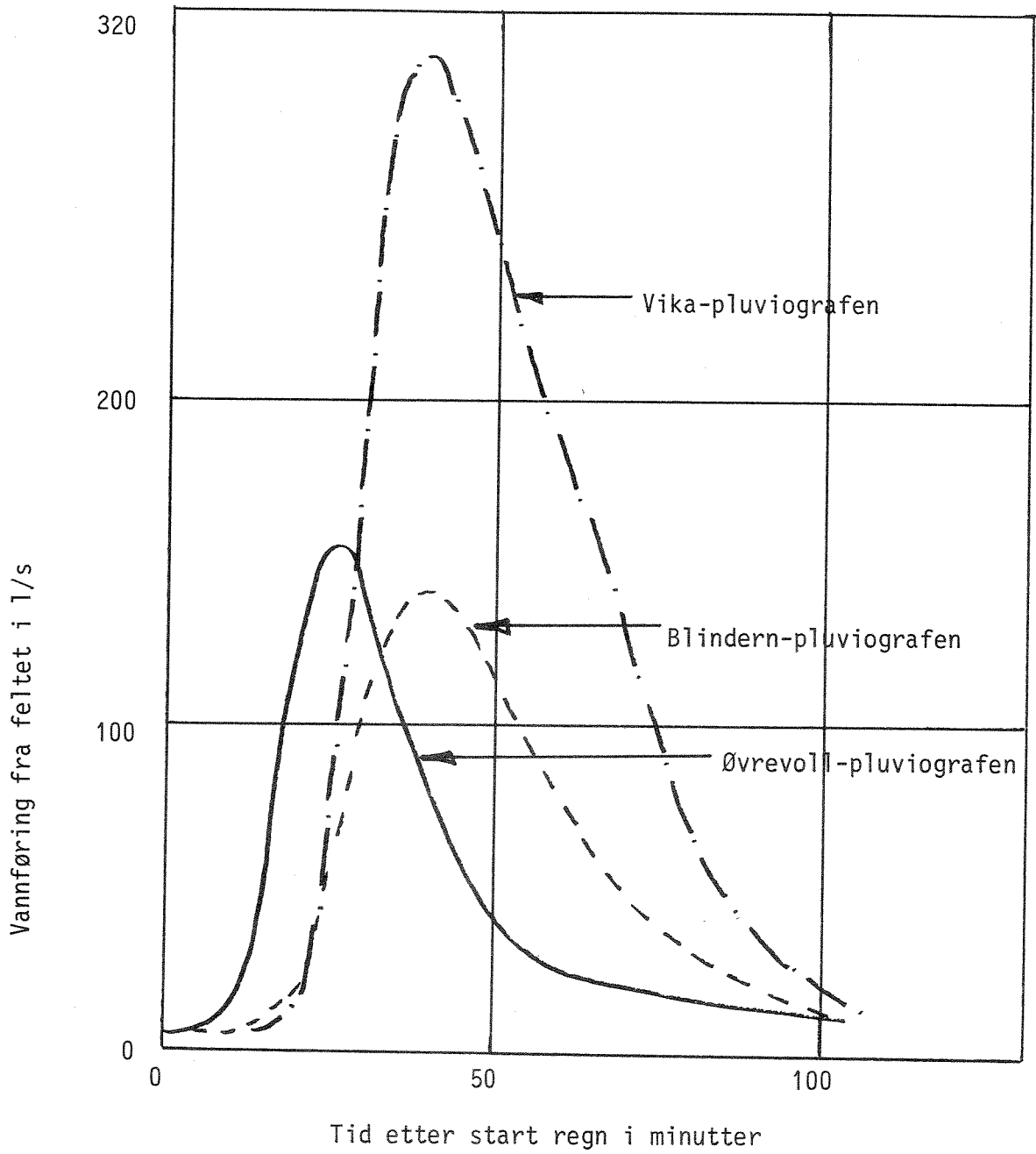
Sannsynligvis ville en vanlig midling av stasjonenes målinger gi en riktigere verdi. Dette kan dessverre ikke fastslåes i dette prosjektet siden avløpsmålinger ikke er foretatt.

For regnet 8. juni 1977 gir regndata fra Vika-pluviografen dobbelt så høye maksimalavrenninger og 3 - 4 ganger større avrenningsvolum enn ved bruk av pluviografdata fra Øvrevoll og Blindern. Se figur 38.

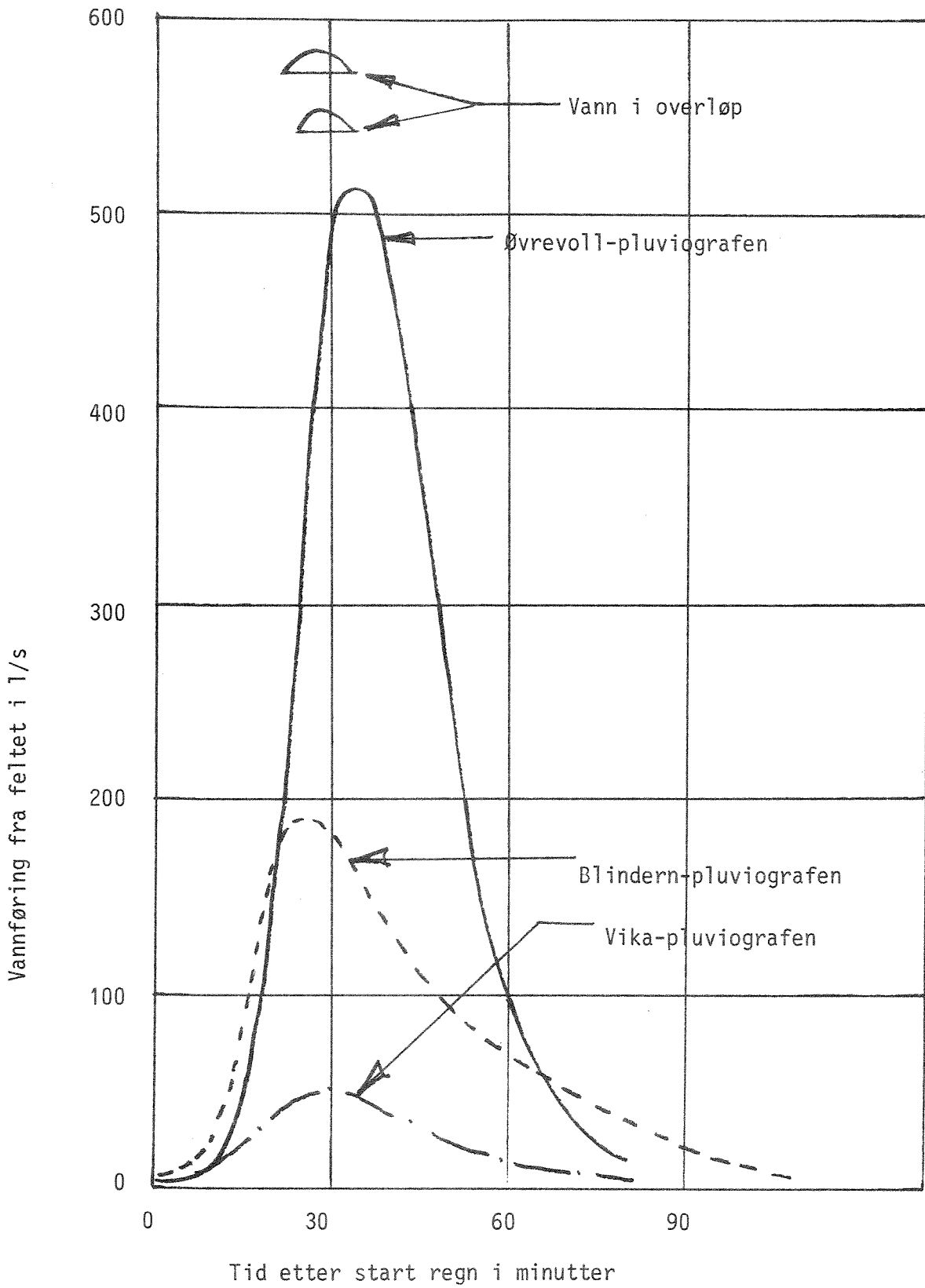
For regnet 24. juli 1977 er resultatene vist i figur 39. Maksimalavløpsverdiene for regndata fra Vika gir 4,5 ganger høyere verdier enn for Øvrevoll, mens Blindern-data gir 2,5 ganger høyere maksimalavløp enn ved data fra Øvrevoll.

Regnet fra 26. juni 1980 er vist i figur 40. Her er den høyeste maksimalavrenningen 10 ganger høyere enn den laveste verdien. De tre valgte eksemplene er ikke ekstreme tilfeller, men valgt med ønske om å vise tre representative situasjoner for større regnskyll i Oslo-området.

Eksemplene viser at variasjonene i nedbørintensitetene er svært store over relativt korte avstander og at bruk av målt regnintensitet i ett punkt ikke kan brukes ureduisert eller ukorrigert over et større område.

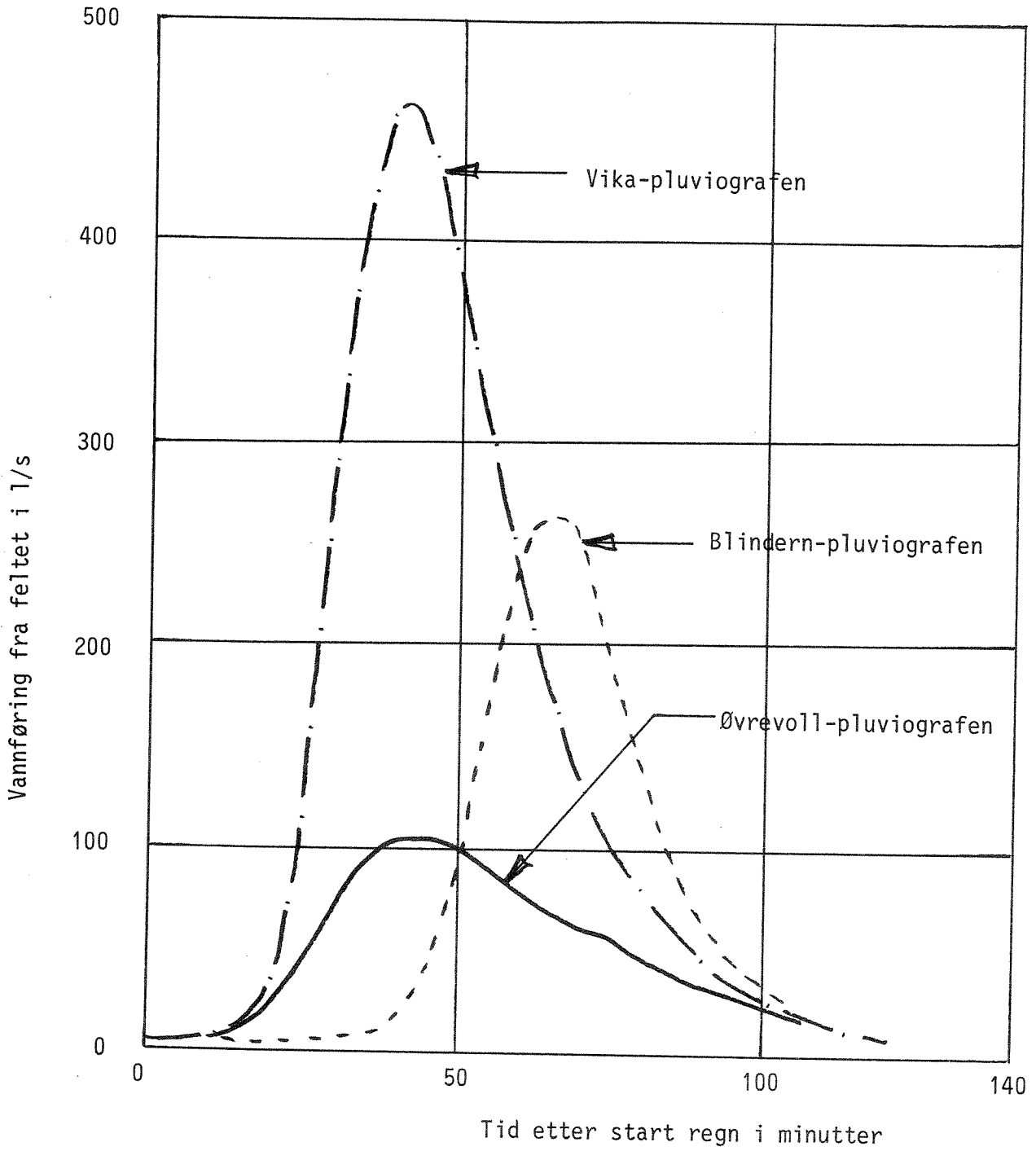


Figur 38. Hydrogrammer fra regn 8 juni 1977



Figur 39. Hydrogrammer fra regn 26 juni 1980

Figur 40. Hydrogrammer fra regn 24 juli 1977





## 9. LITTERATURHENVISNING

- (1) Abildsnes, H.: "Nedbørfordelingen i Dyrdalen feltforskningsområde". Norsk hydrologisk komité, Rapport nr. 5, Oslo 1980.
- (2) Annen, von G.: "Das Zeitbeiwertverfahren Zur Hochwasserberechnung". Das Gas- und Wasserfach. 110 jahrgang, Heft 12, 1969. Munchen.
- (3) Arnell, V., Dahlstrøm, B., Falk, J., Janusz Niemczynowicz: "Regn i tätort". Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm, 1980.
- (4) Aune, B.: "Nedbør". Foredrag på NIF-kurset: "Små nedbørfelters hydrologi". NIF, 1. november 1975.
- (5) Balmér, P., Glomnes, J., Lindholm, O. og Saltveit, N.: "Management of urban runoff and wastewater in the Oslofjord area". Nordic Hydrological Conference, Reykjavik 1976.
- (6) Bergeron, T.: "Mesometeorological Studies of Precipitation, IV". Uppsala, 1970.
- (7) Falk, J., Jönsson, O. og Niemczynowicz, J.: "Measurements of rainfall Intensities in Lund". Lunds Tekniska Högskola, Rapport 3023, 1979 Lund.
- (8) Førland, E.J.: "Nedbørforholdene i Bergensområdet", Norsk hydrologisk komité. Rapport nr. 7, Oslo 1980.
- (9) Hetager, S.E. og Sælthun, N.R.: "Overvannets kvantitet". NIF-kurset, Overvannsteknologi 21. - 23. mars 1977.
- (10) Iden, K.A.: "Hvor i Norge har nedbøren størst intensitet". Været nr. 2, 1980, Oslo.
- (11) Jönsson, O. og Niemczynowicz, J.: "Extreme rainfall events in Lund 1979 - 1980". Report nr. 3044, Lunds Tekniske Høgskola 1981.
- (12) Moene, A.: "Kart over byggehyppighet i Oslo-området". Aftenposten 18. april 1969, Oslo.
- (13) Niemczynowicz, J.: "Areal intensity-duration-frequency curves and statistical areal reduction factors for short term rainfall events in Lund". Report No. 3065, Lunds Technical University, Lund 1982.
- (14) Ræstad, E.: "Sterke regnvær i Oslo-området". Erik Ræstad A/S, Lysaker 1969.
- (15) Thorndal, U.: "Regnvandsafledning 2". Stads- og Havneingeniøren 2, 1971. København.
- (16) U.S.Weather Bureau.: "Rainfall Intensity-Frequency Region 2, South-eastern United States". Technical Paper 29, U.S.Department of Commerce, Washington D.C., 1958.

V E D L E G G A

AREALREDUKSJONSKOEFFISIENTER VED  
ULIKE FORUTSETNINGER

Fig. 41 - 45.

Blindern som basis-stasjon - lik-vekt metoden. Gjentakintervall 6,  
3, 2, 1,  $\frac{1}{2}$  år.

Fig. 46 - 50.

Blindern som basis-stasjon. Lik-vekt metoden. Regnvarigheter 10,  
40, 120, 240, 360 minutter.

Fig. 51 - 55.

Gjettum som basis-stasjon. Thiessens vektor. Gjentakintervall 6,  
3, 2, 1,  $\frac{1}{2}$  år.

Fig. 56 - 60.

Gjettum som basis-stasjon. Lik-vekt metoden. Gjentakintervall 6,  
3, 2, 1,  $\frac{1}{2}$  år.

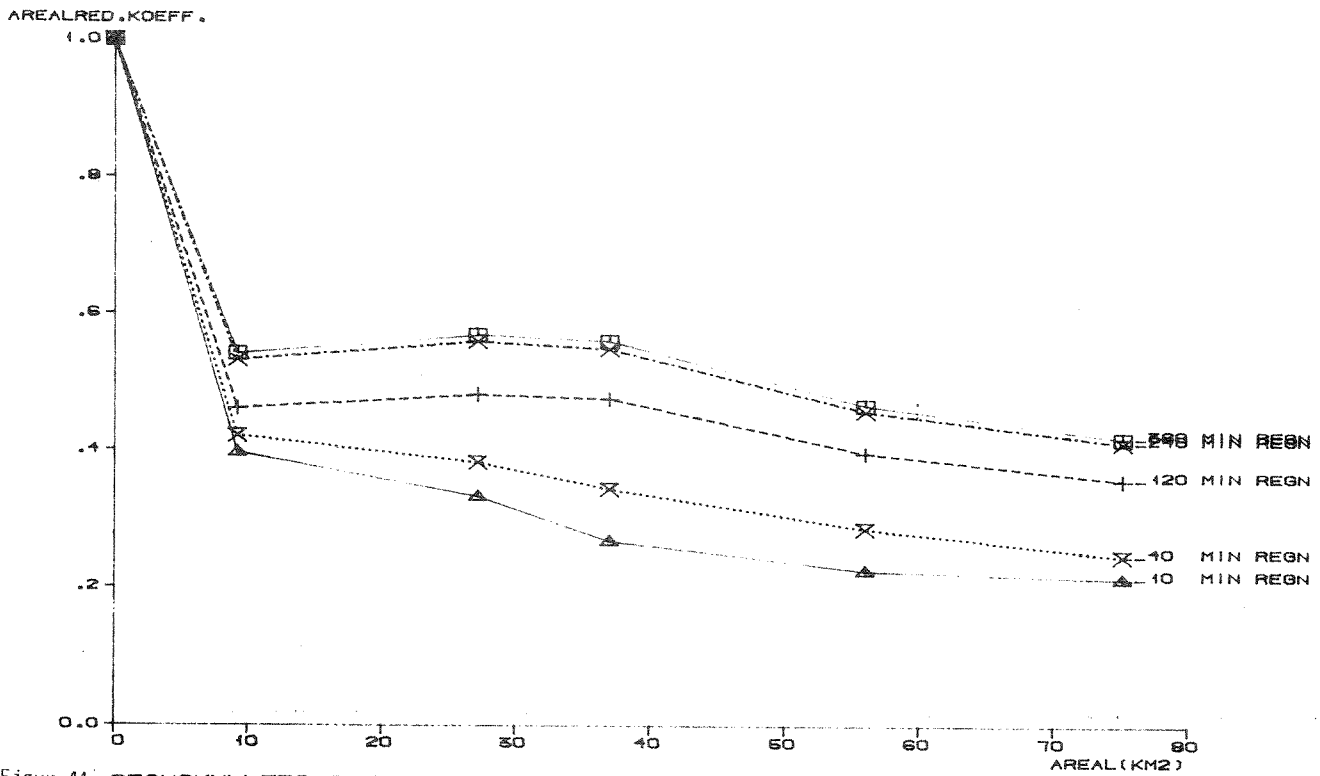
Fig. 61 - 65.

Gjettum som basis-stasjon. Thiessens vektor. Regnvarigheter 10,  
40, 120, 240, 360 minutter.

Fig. 66 - 70.

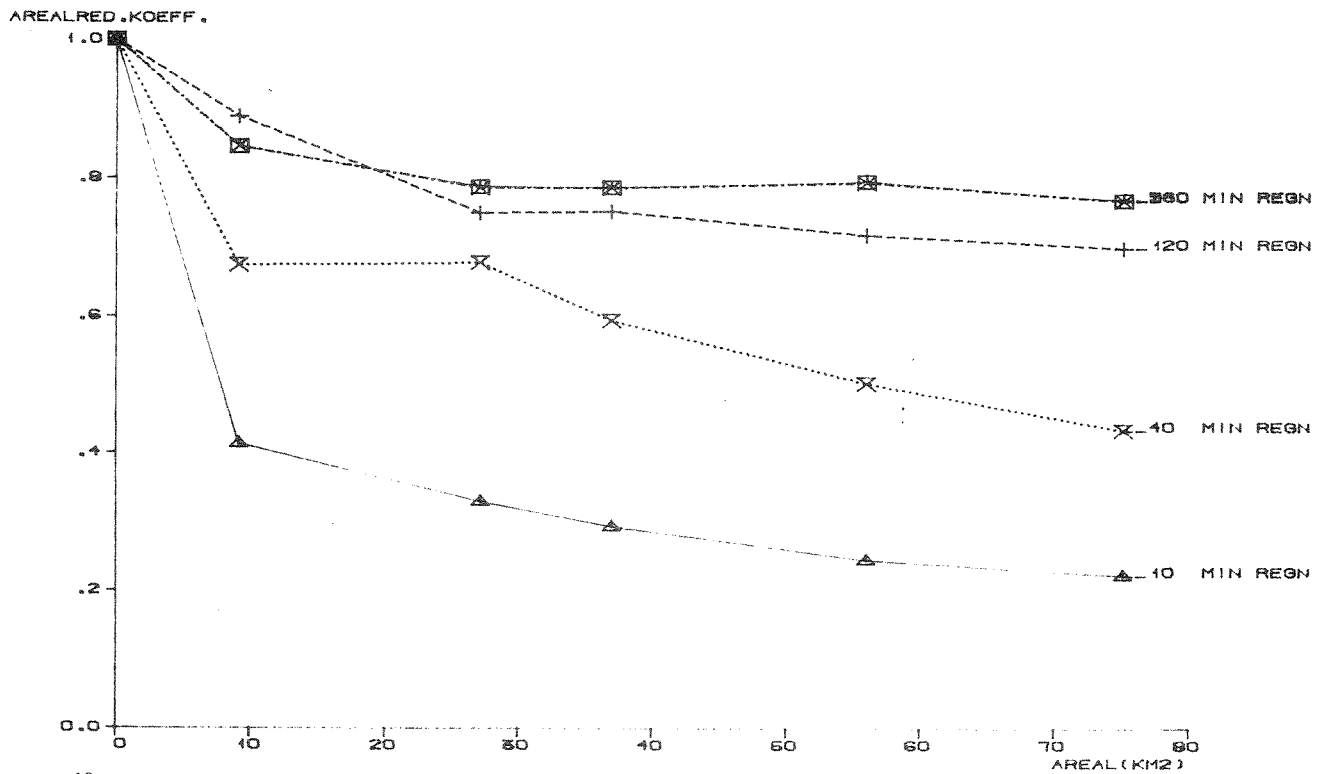
Gjettum som basis-stasjon. Lik-vekt metoden. Regnvarigheter 10,  
40, 120, 240, 360 minutter.

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



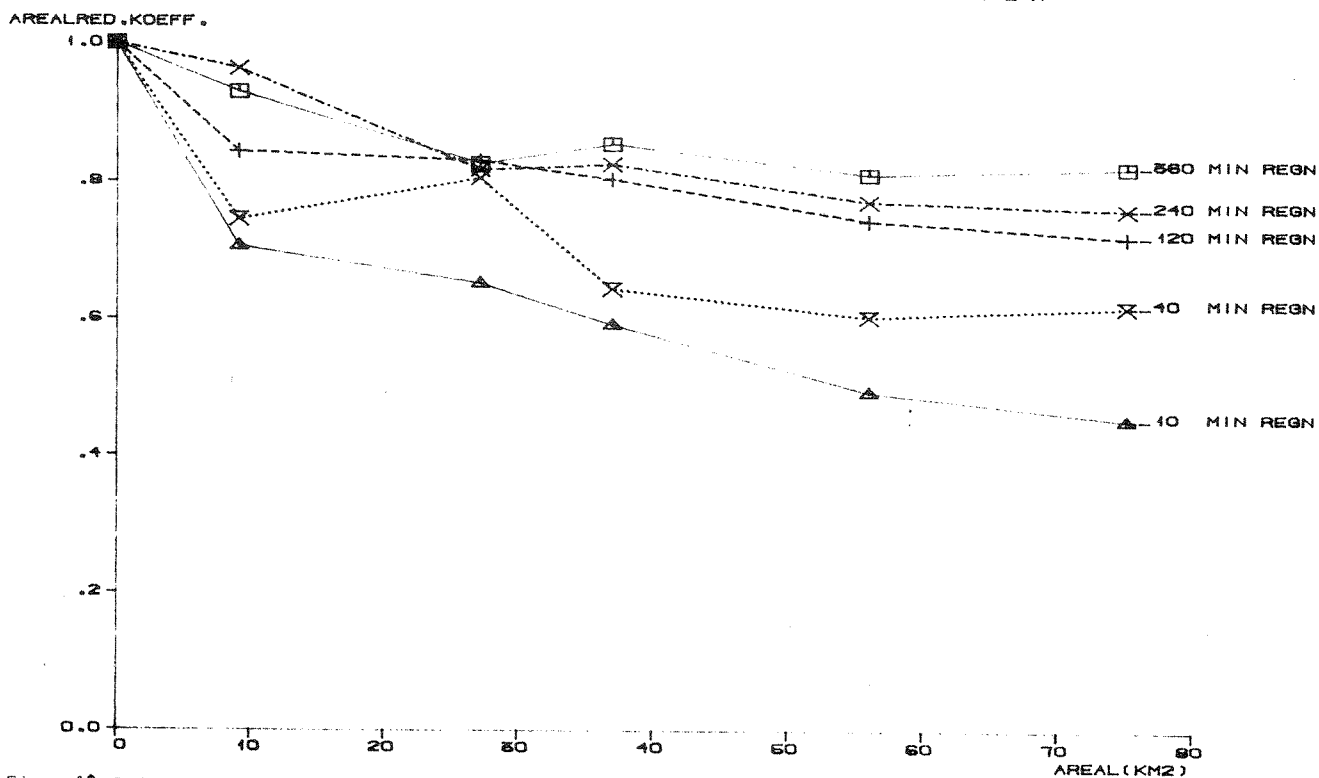
Figur 41. REGNSKYLLETETS GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



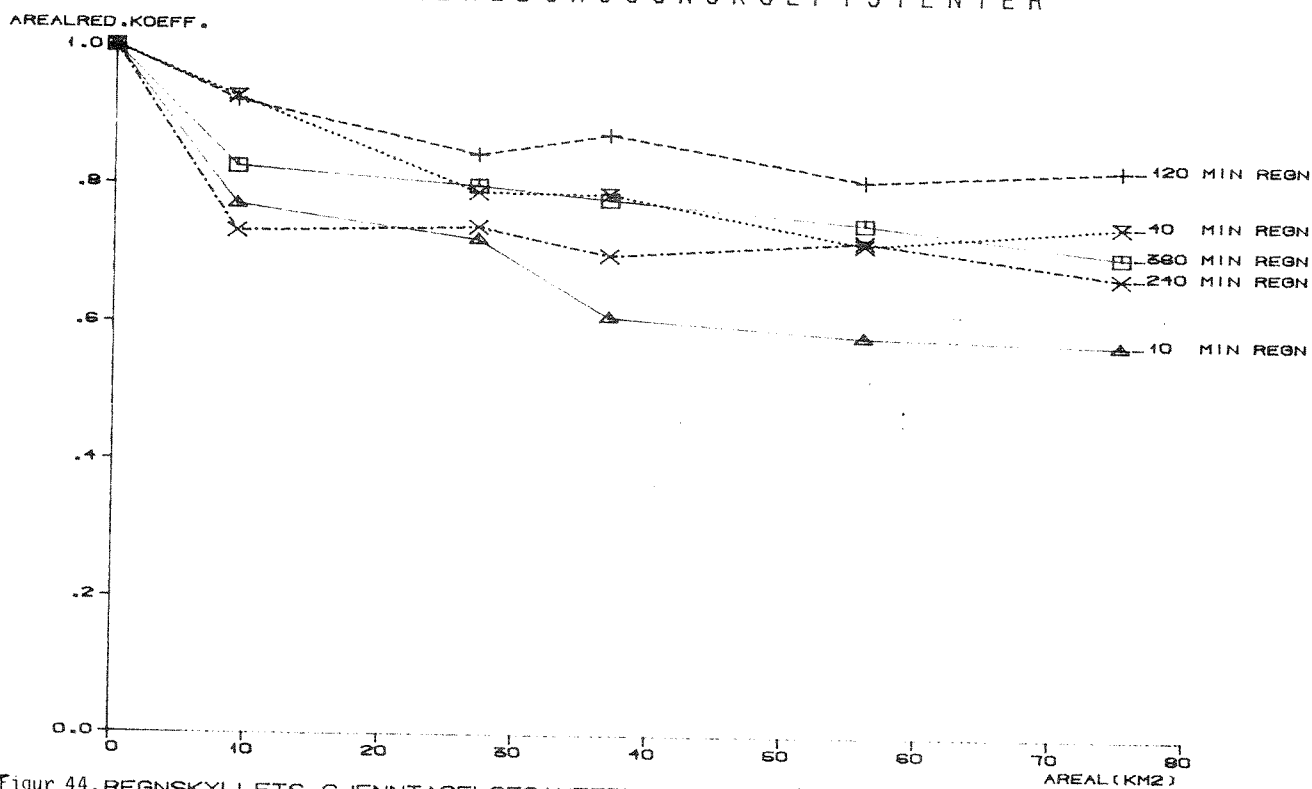
Figur 42. REGNSKYLLETETS GJENNTAGELSEINTERVALL ER 3 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



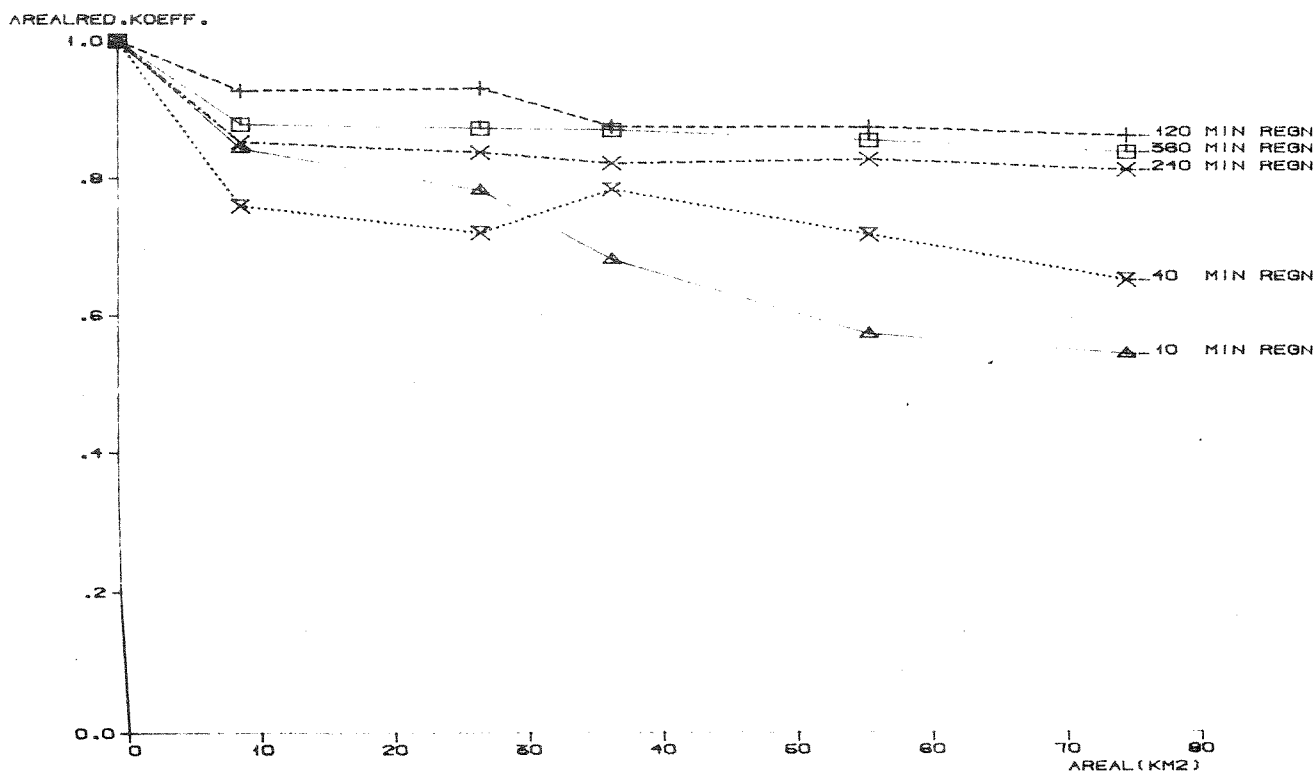
Figur 43. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 2 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



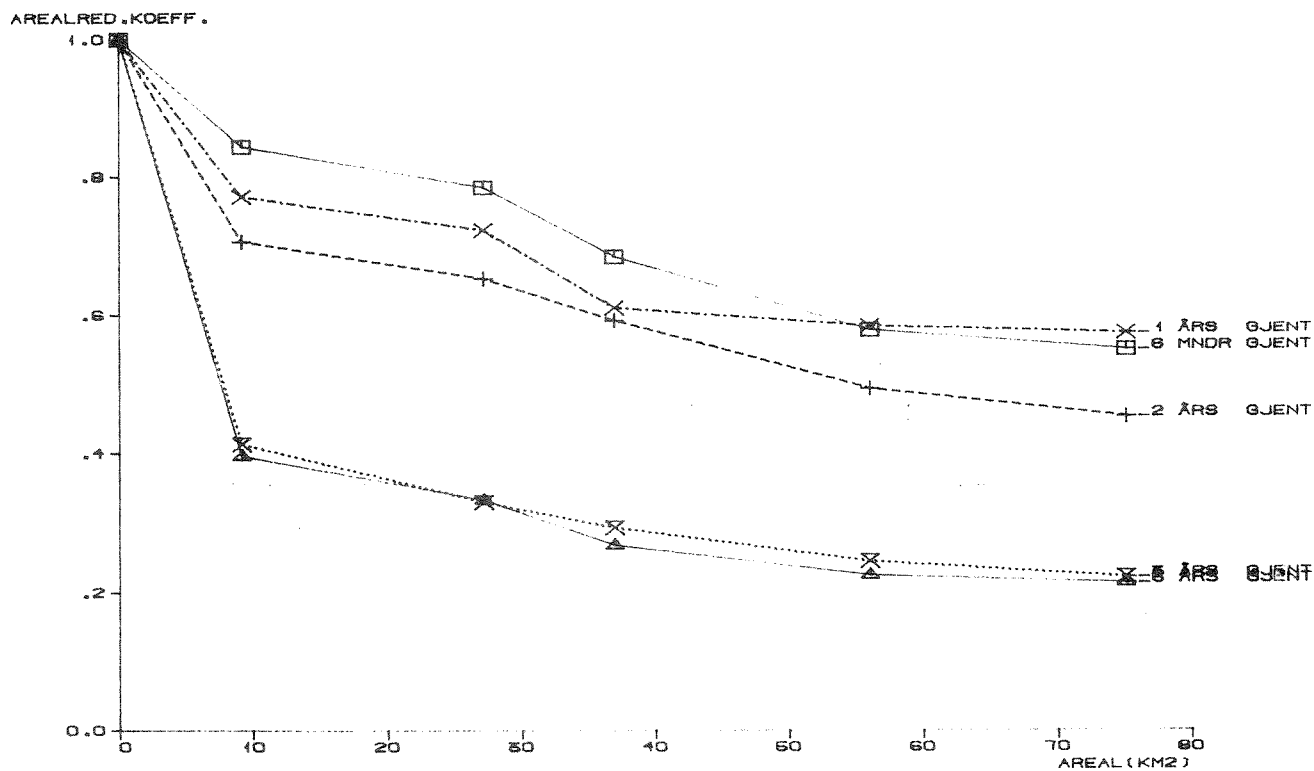
Figur 44. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 4 ÅR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



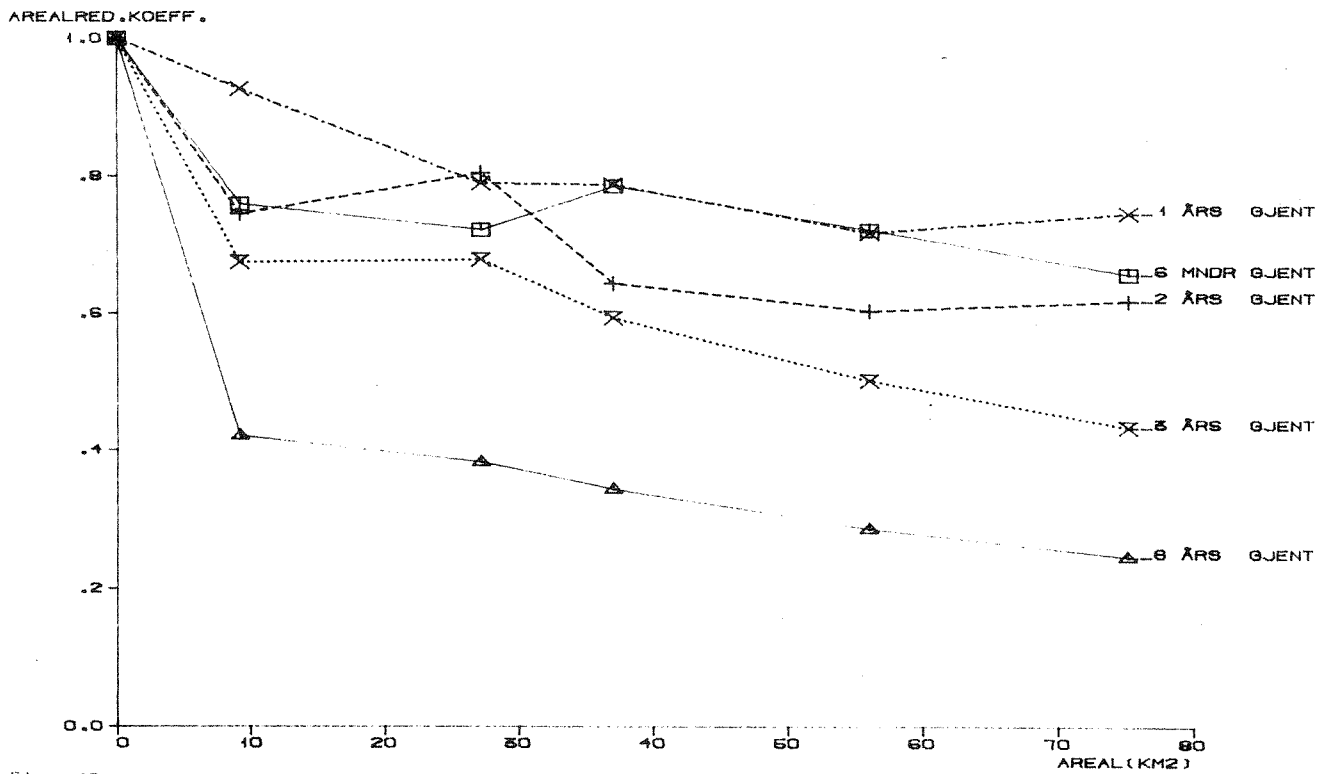
Figur 45. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 MNDR  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



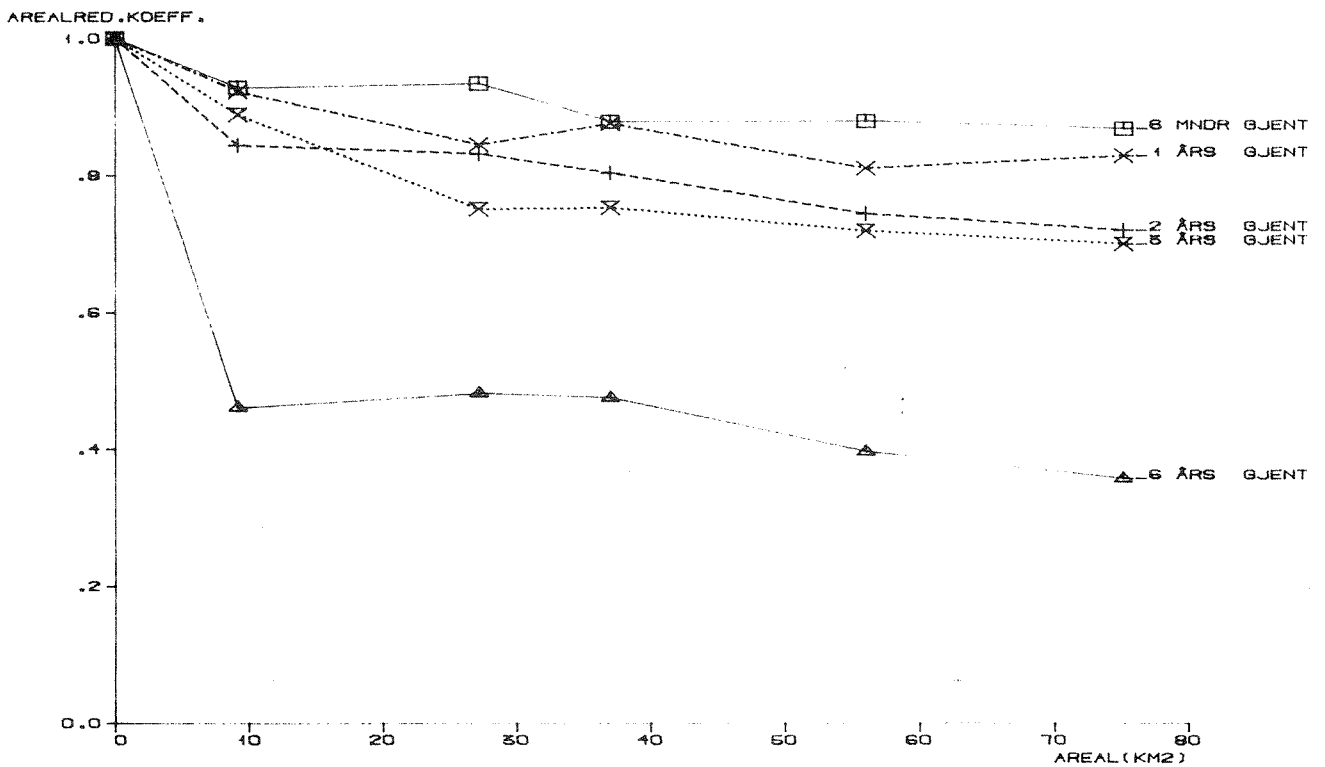
Figur 46. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 10 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



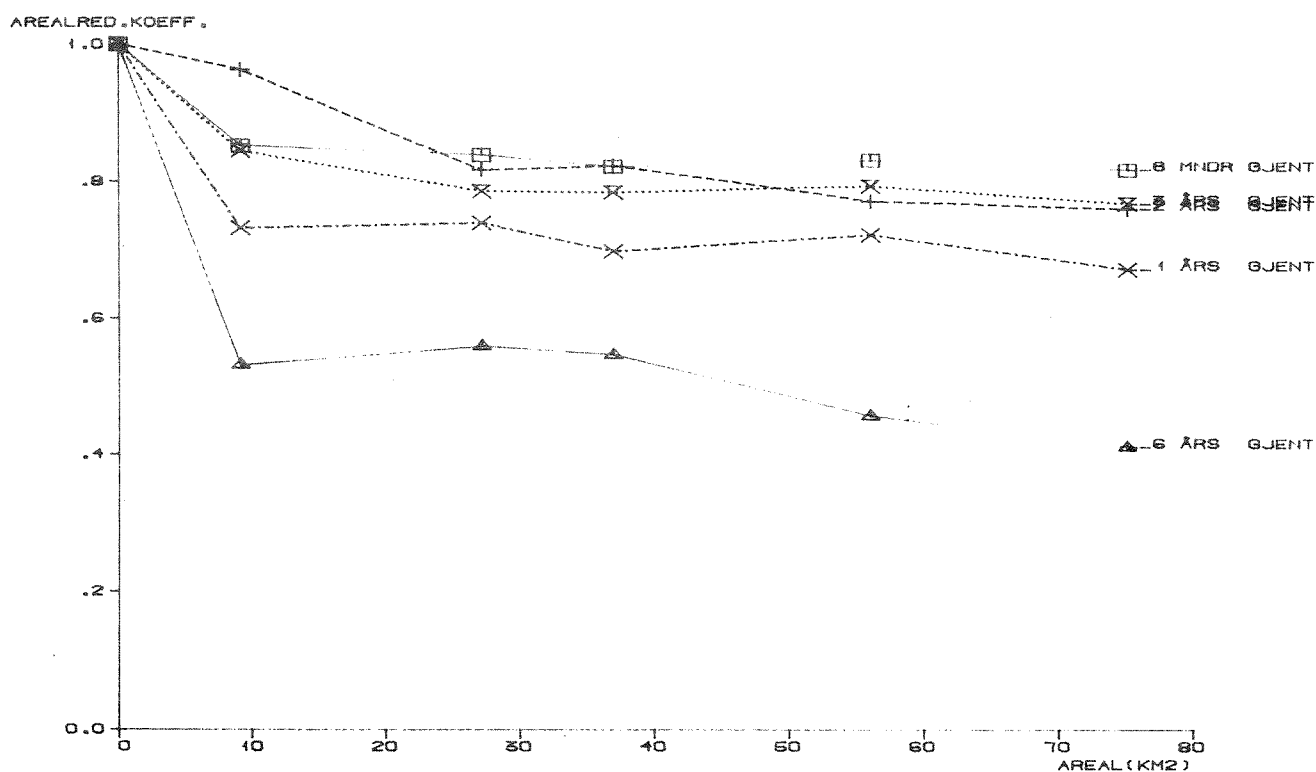
Figur 47. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 40 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



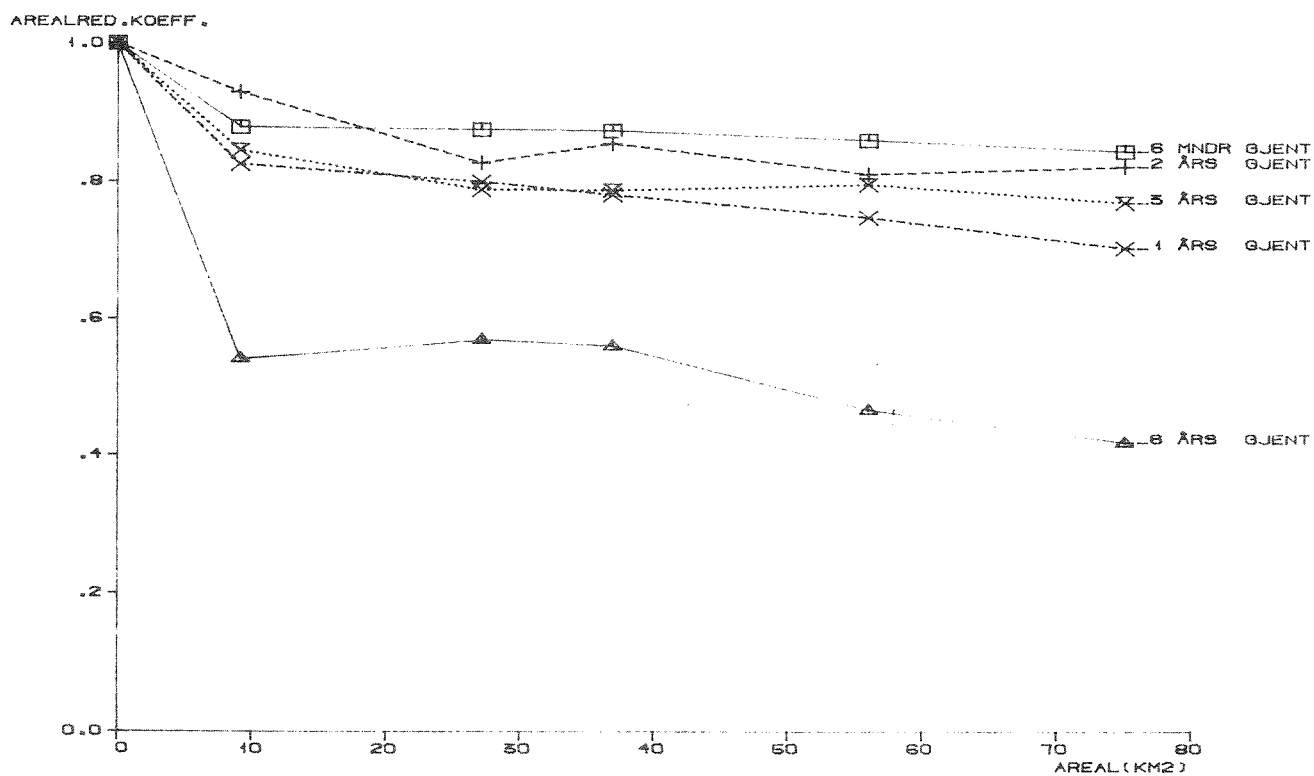
Figur 48. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 120 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



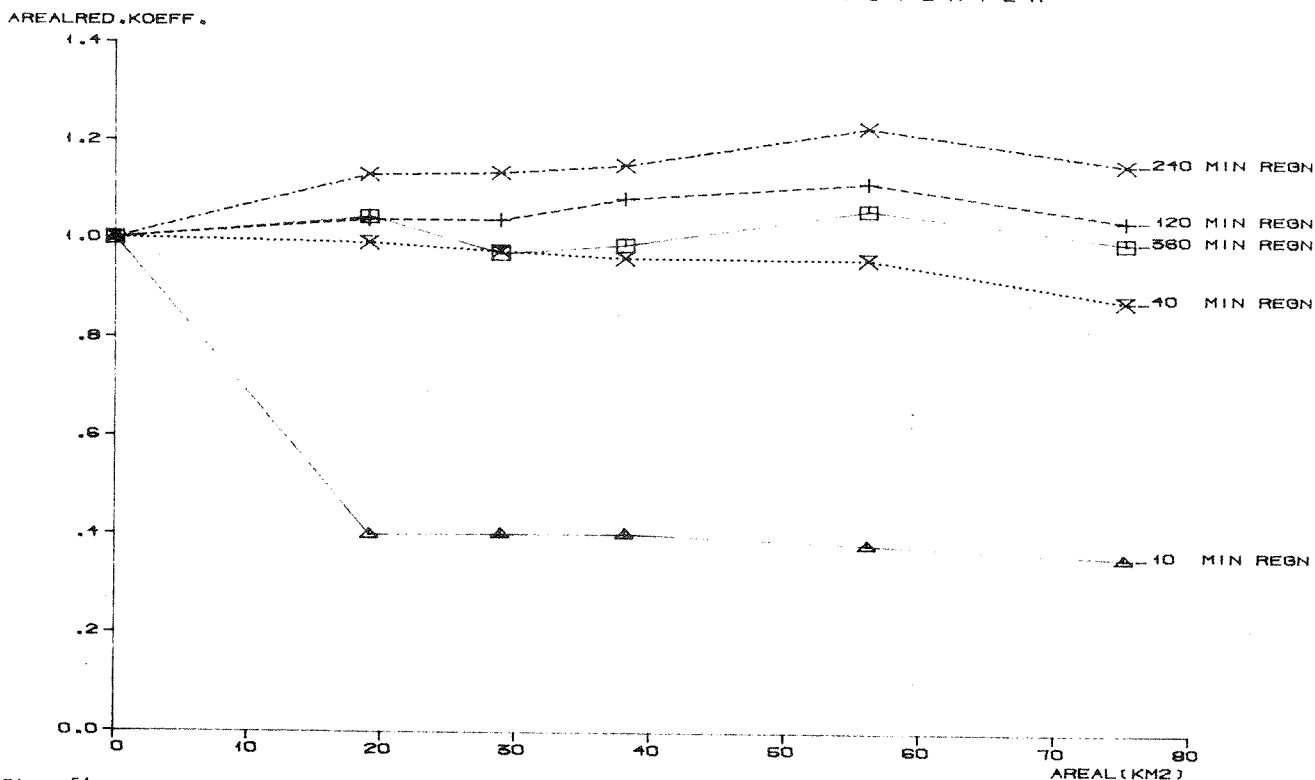
Figur 49. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 240 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



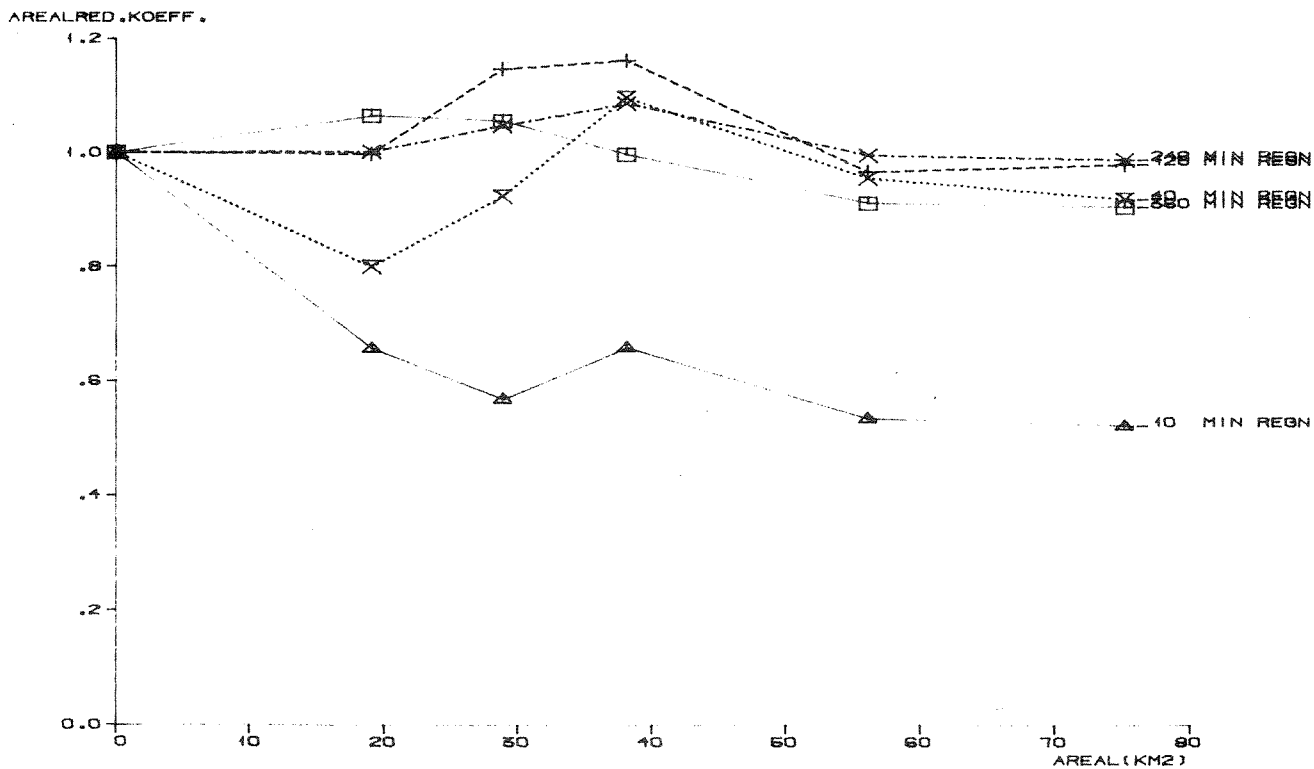
Figur 50. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 360 MINUTTER  
BASISSTASJON ER BLINDERN. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 51. REGNSKYLLETETS GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

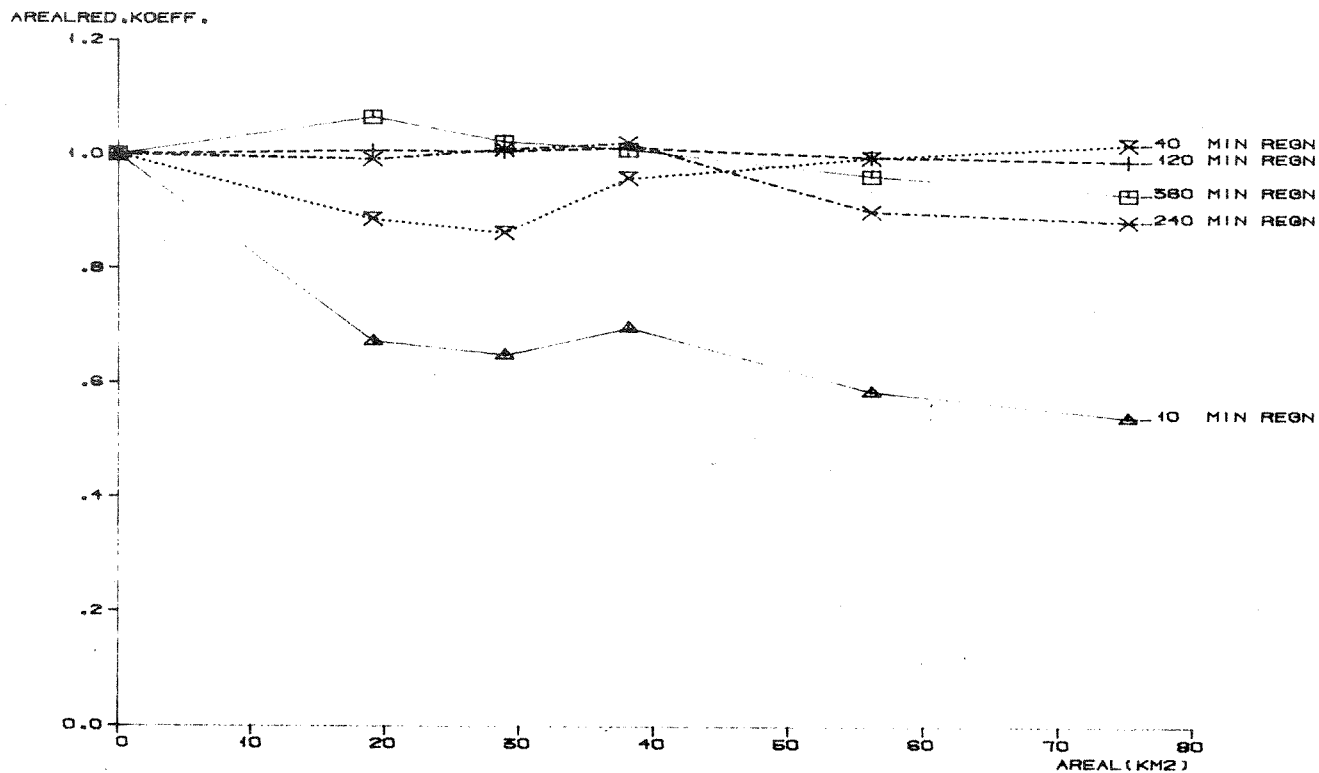
AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 52. REGNSKYLLETETS GJENNTAGELSEINTERVALL ER 3 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

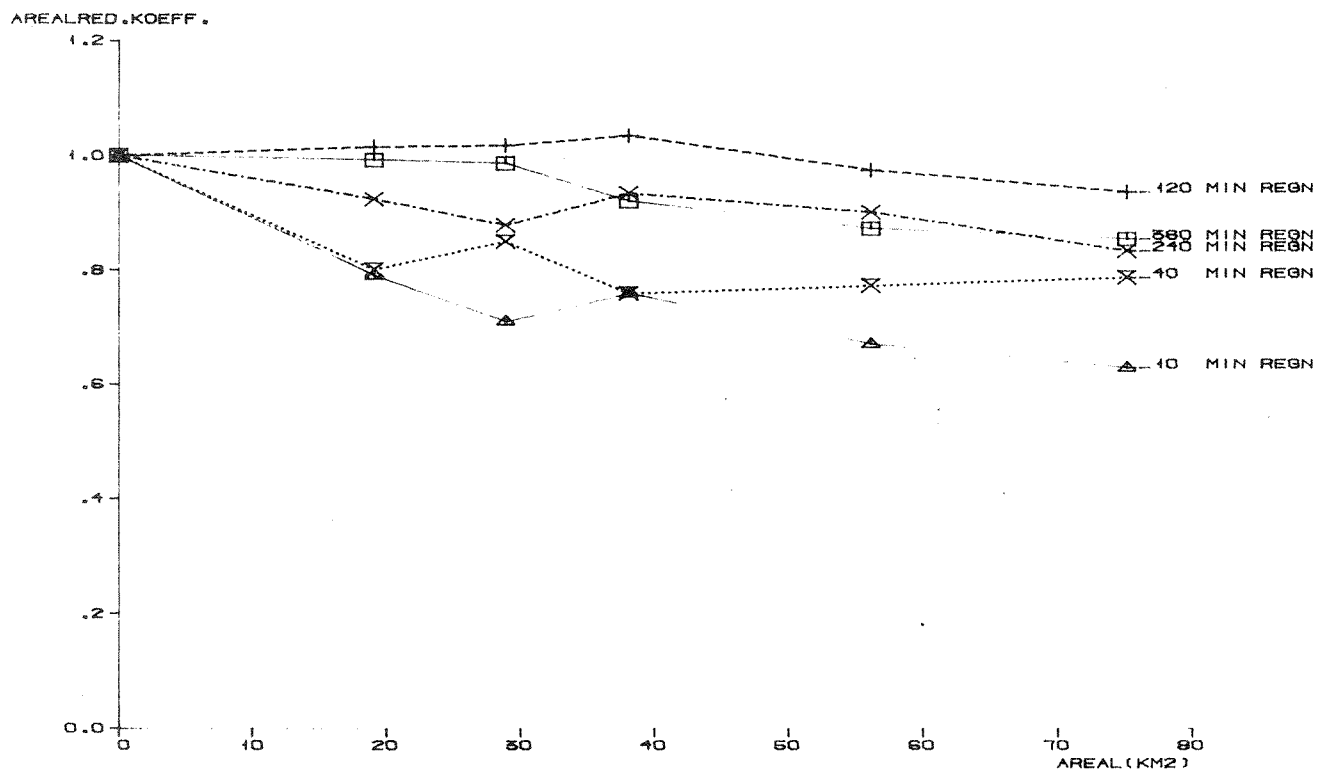


AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



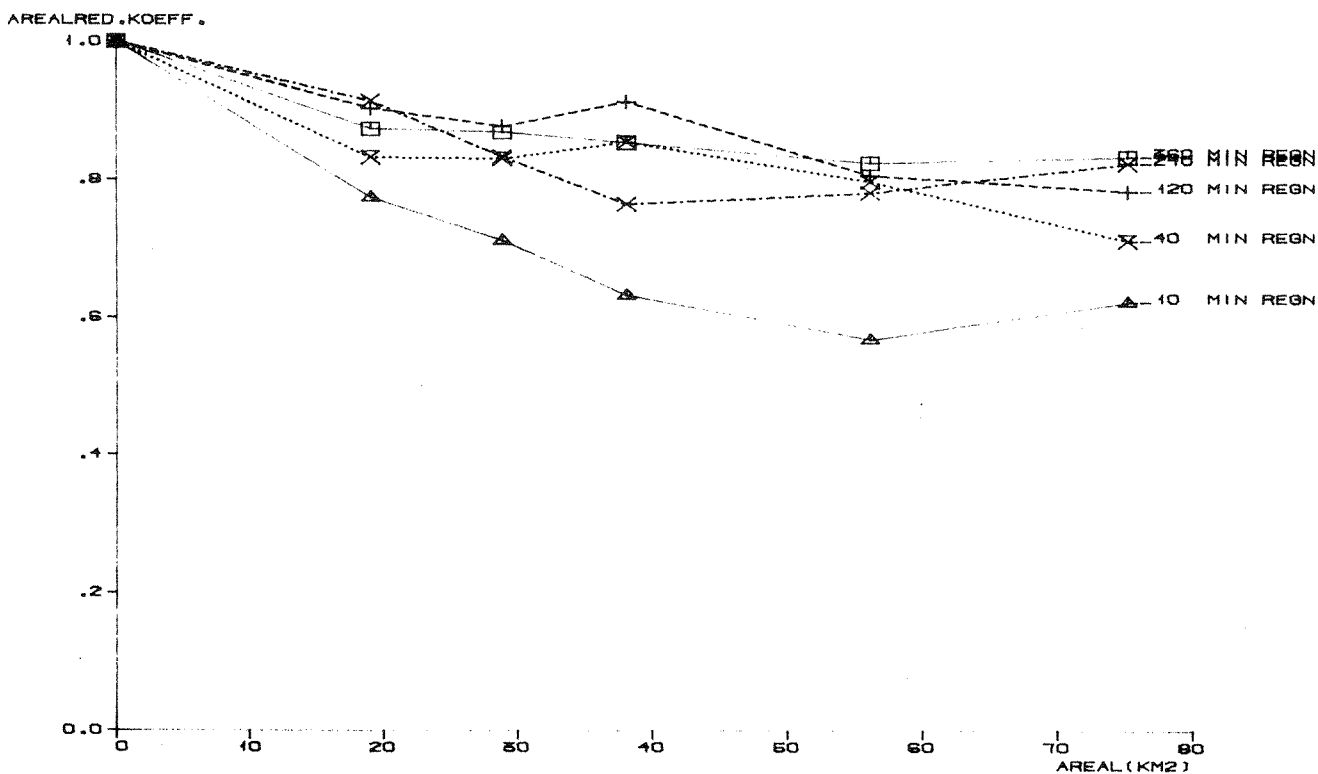
Figur 53. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 2 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



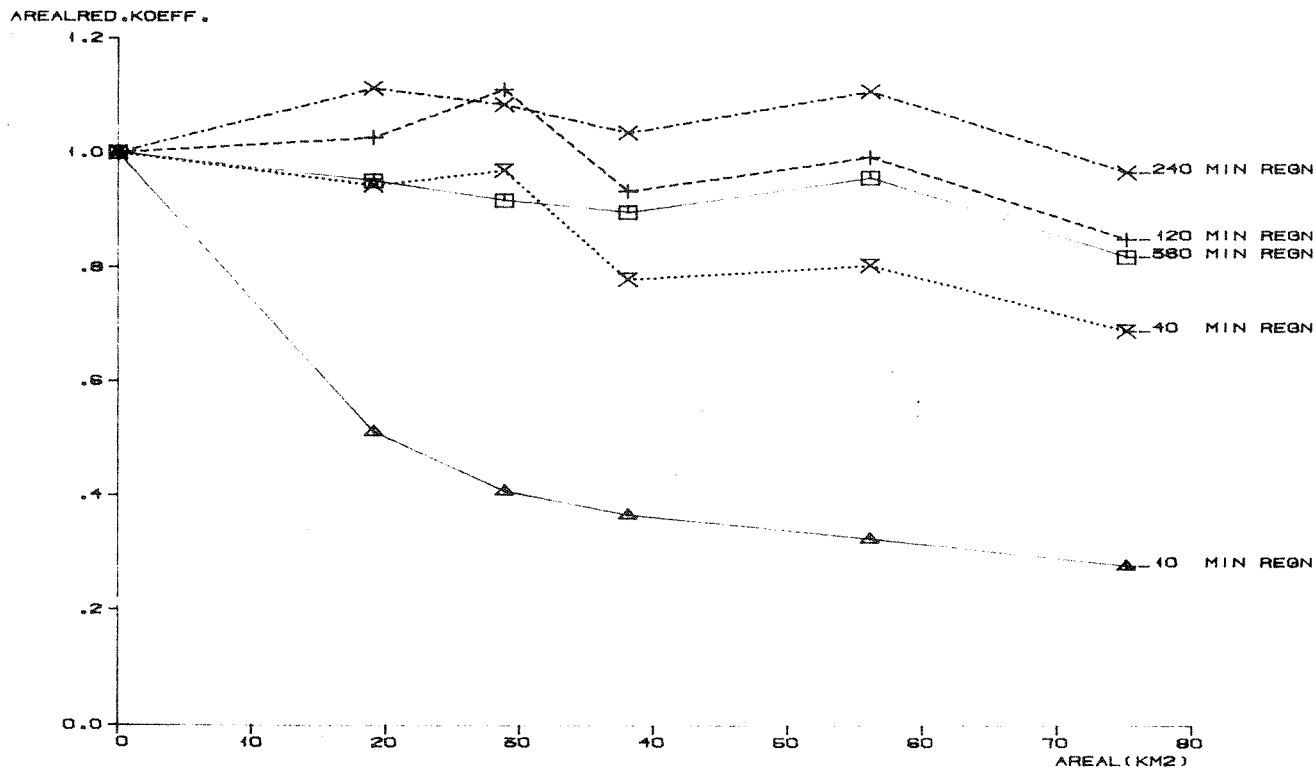
Figur 54. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 4 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



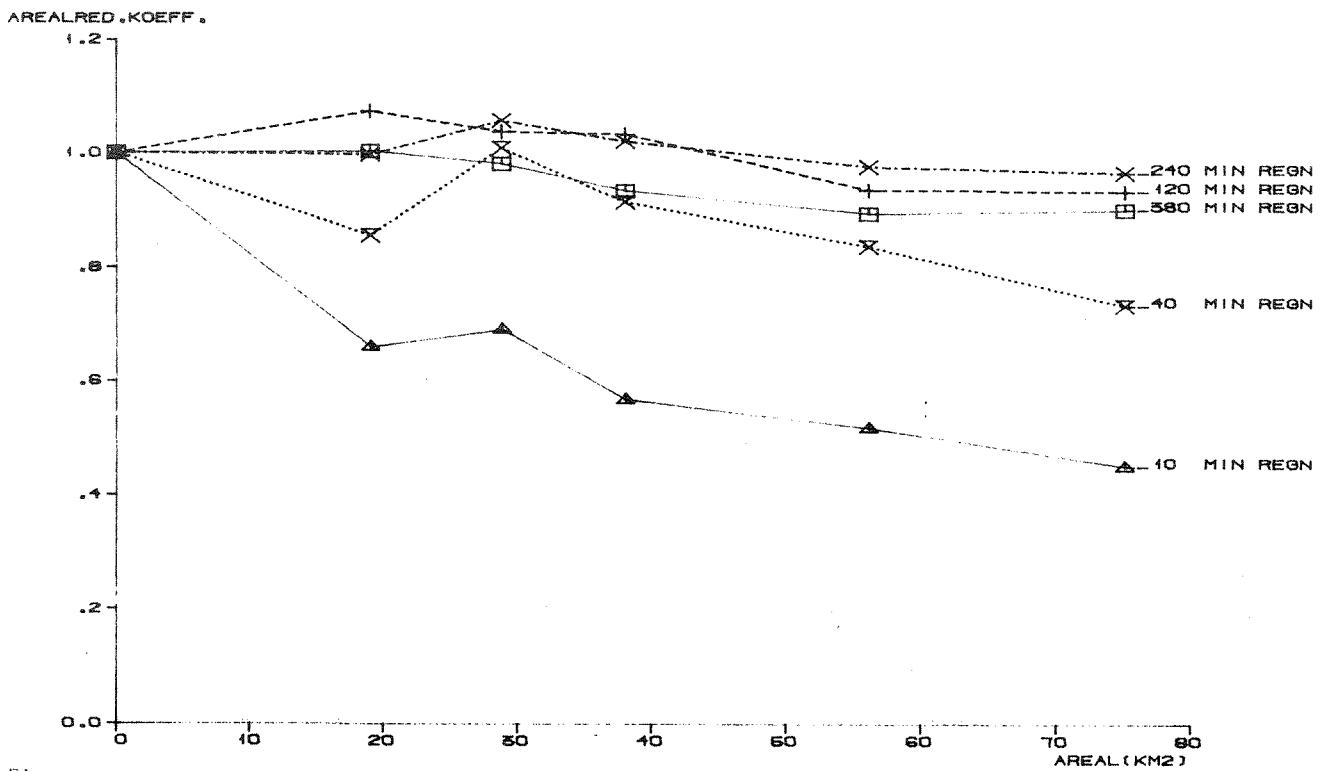
Figur 55. REGNSKYLLETETS GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 MNDR. BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



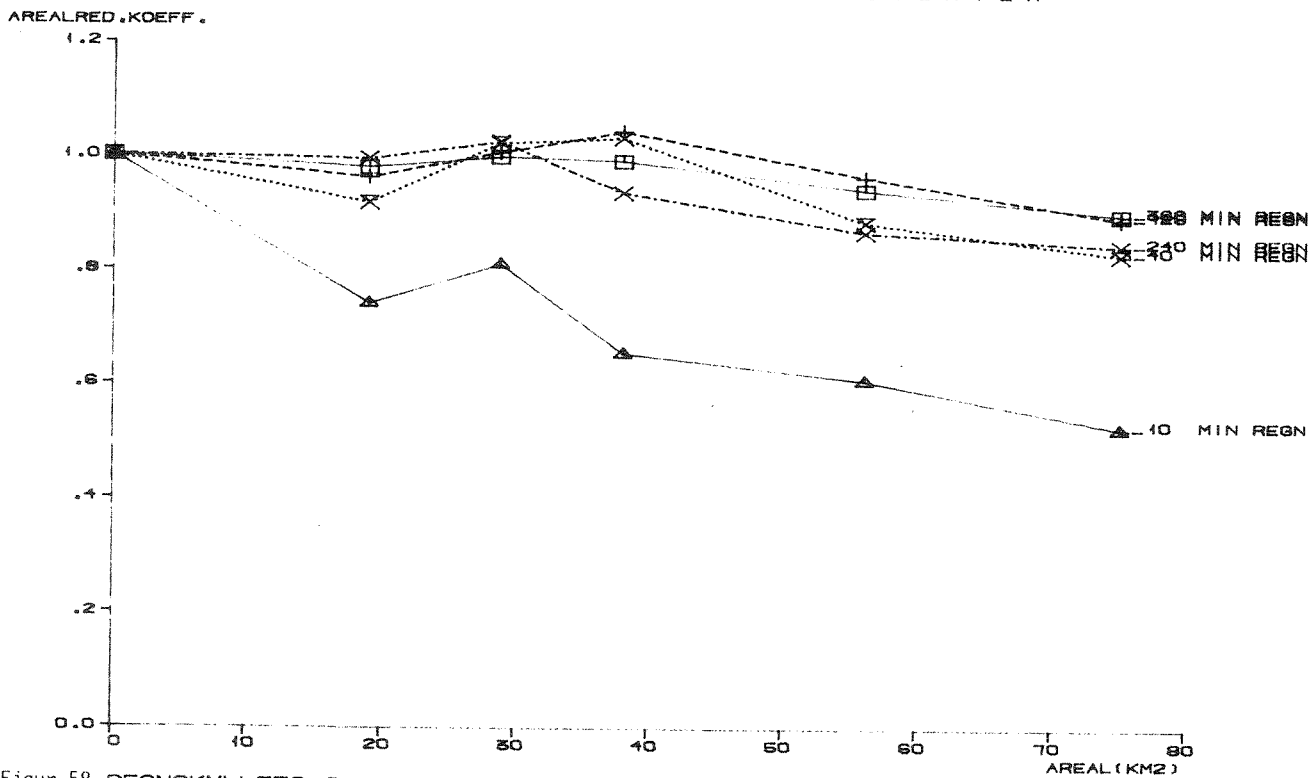
Figur 56. REGNSKYLLETETS GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 ÅR BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



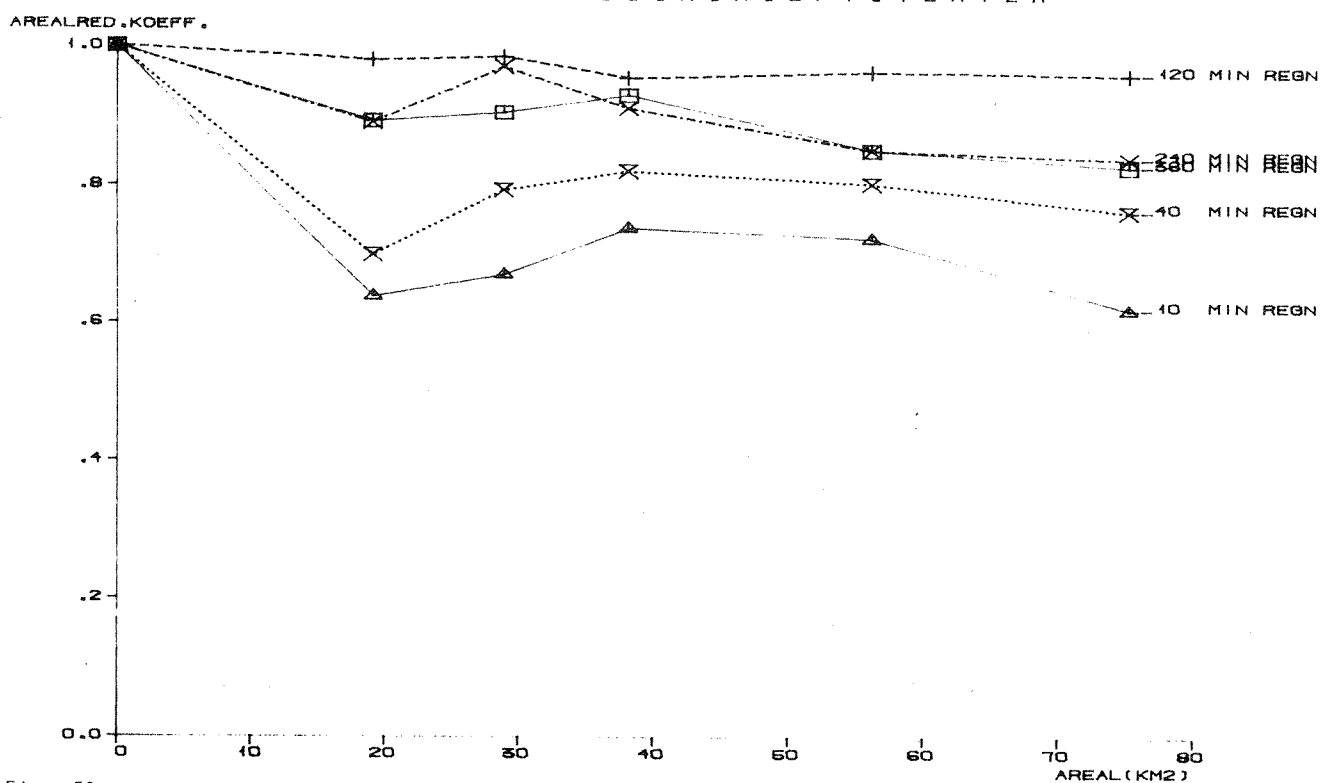
Figur 57. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 3 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



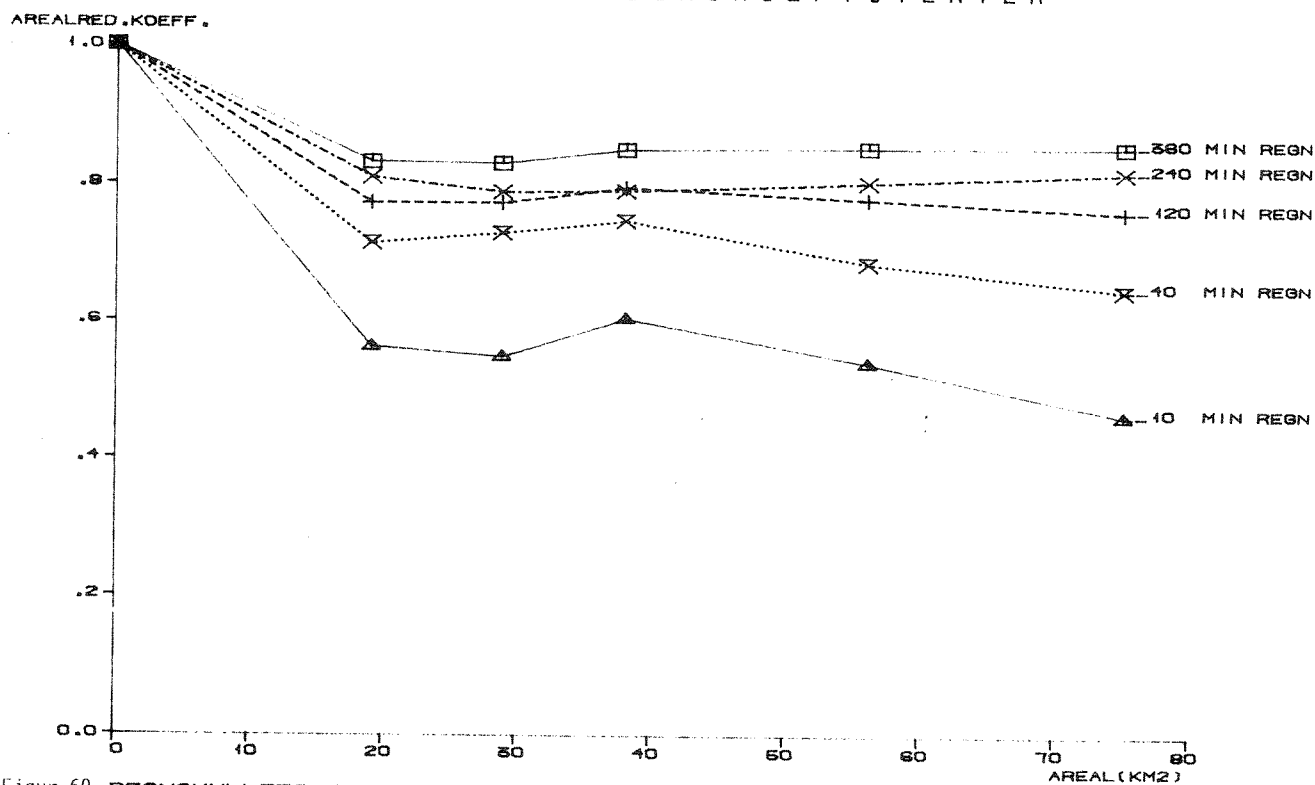
Figur 58. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 2 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



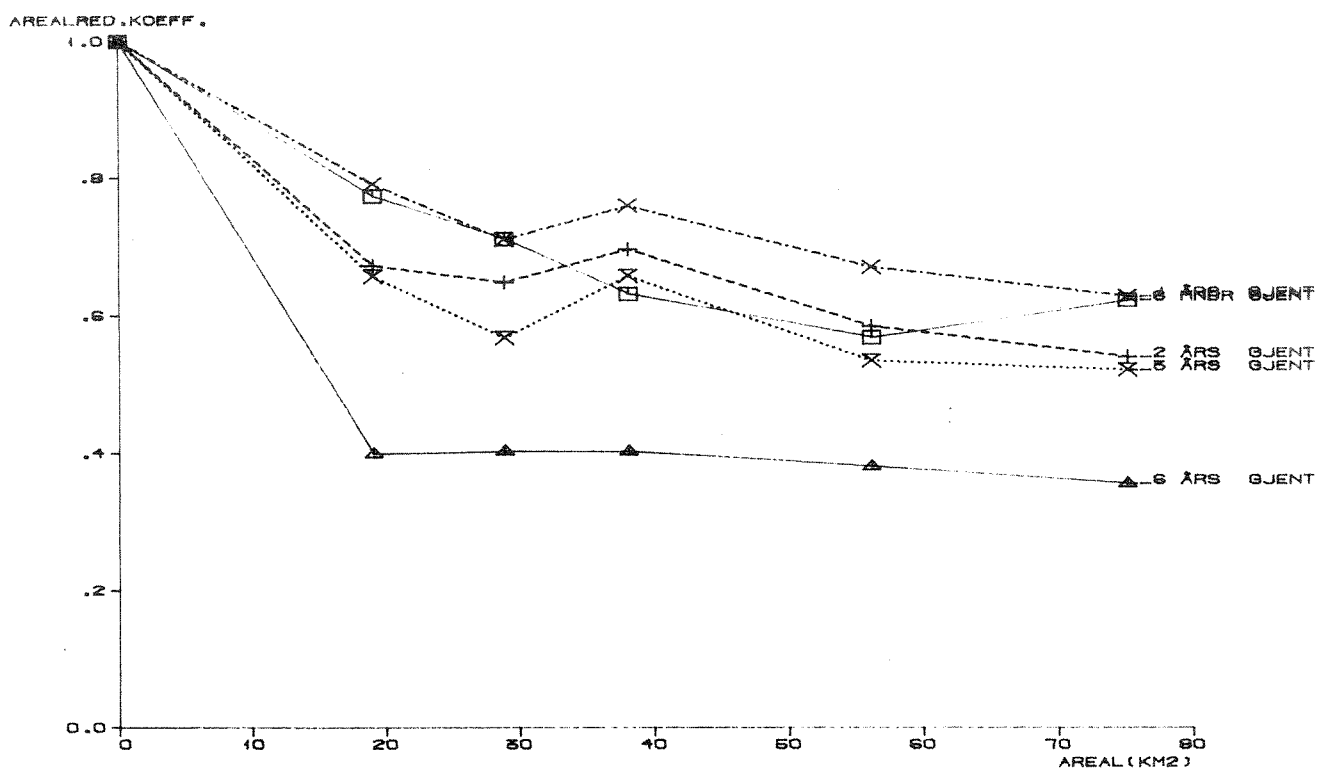
Figur 59. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 1 ÅR  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



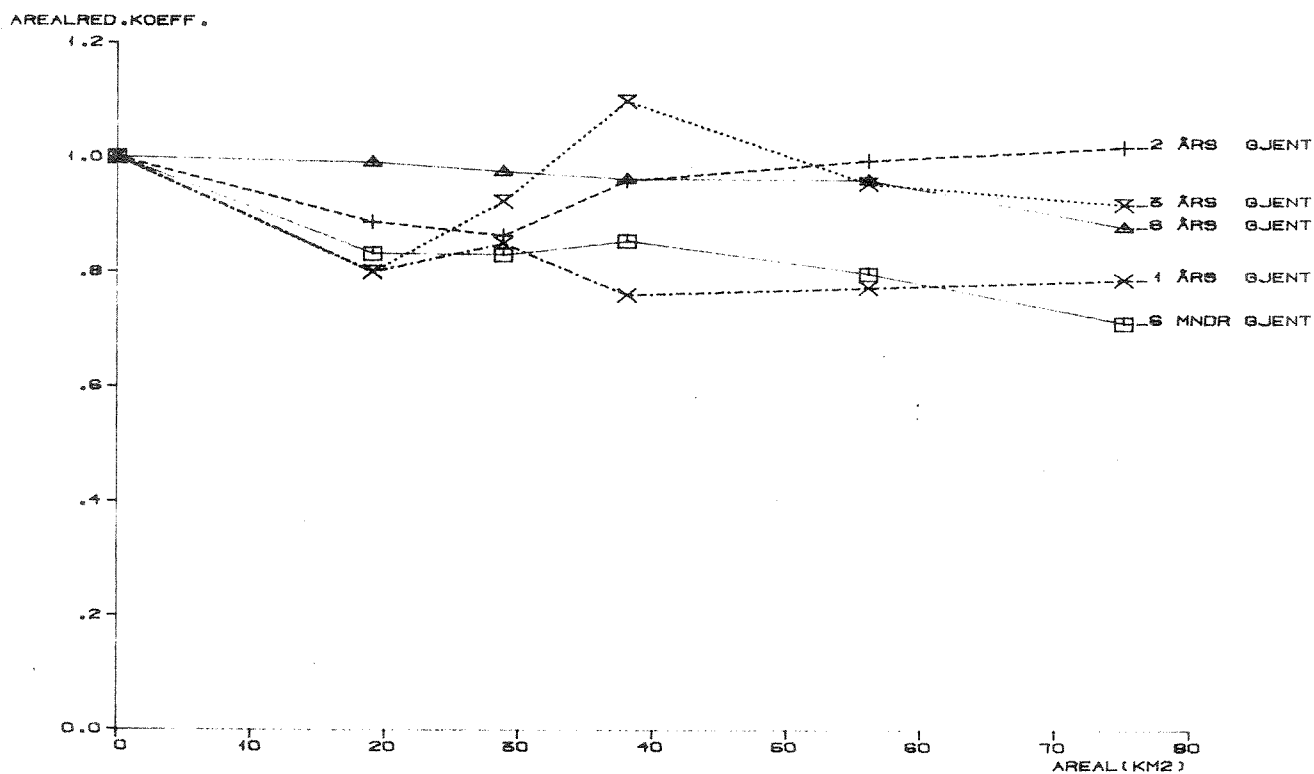
Figur 60. REGNSKYLLET'S GJENNTAGELSEINTERVALL ER 6 MNR.  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



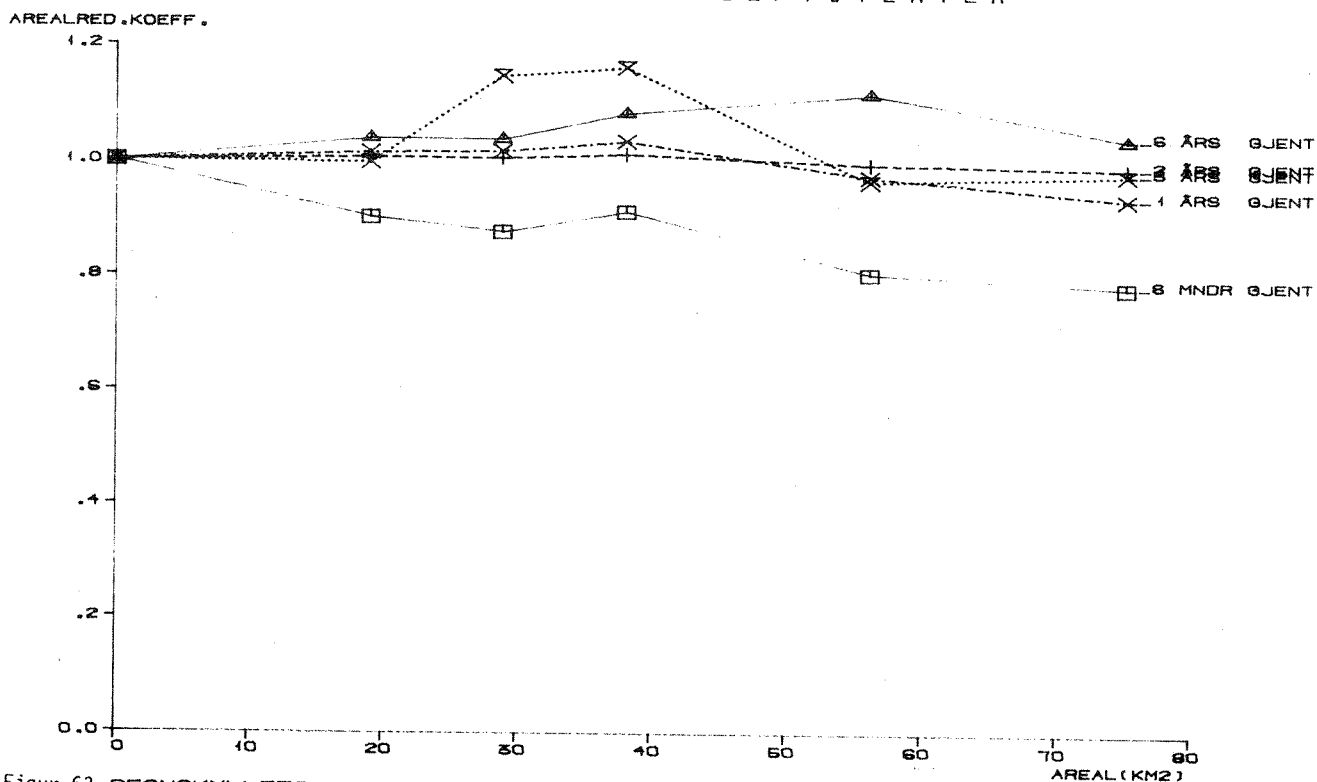
Figur 61. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 40 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



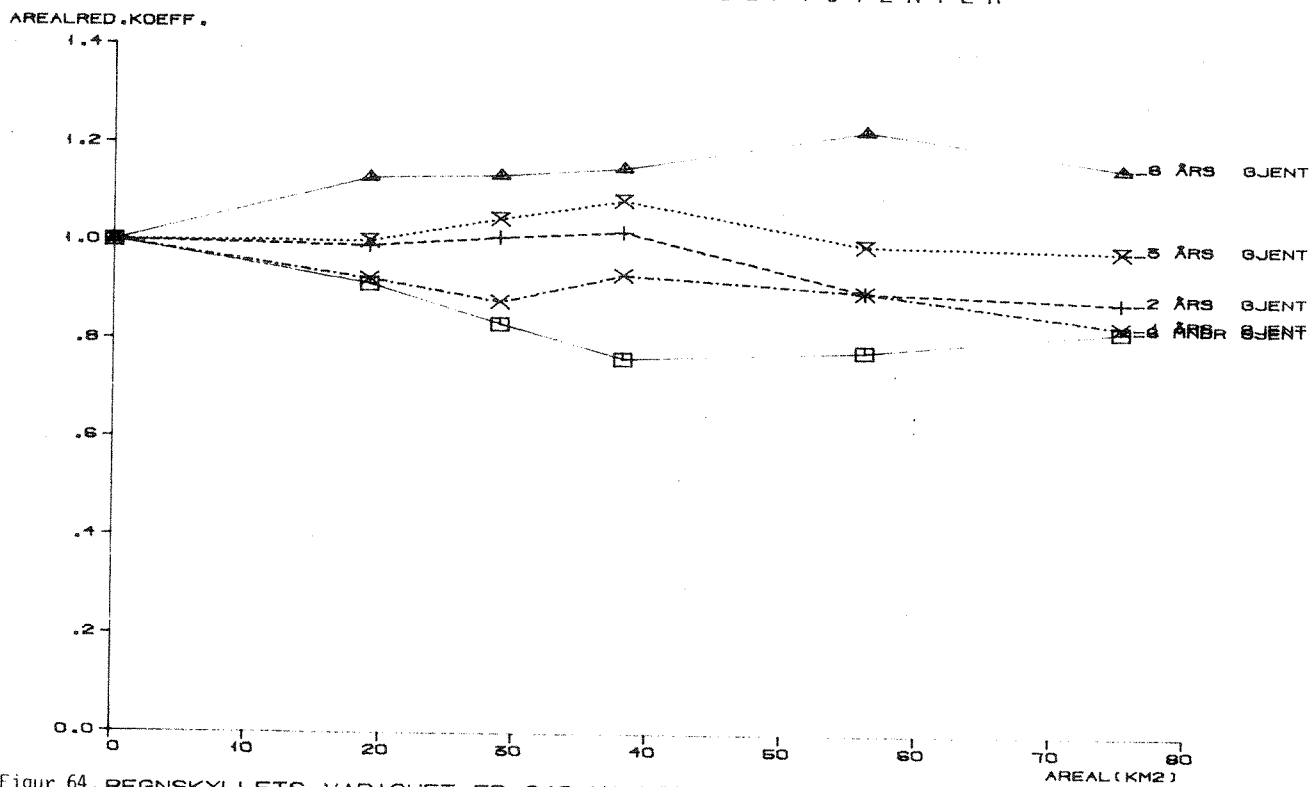
Figur 62. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 40 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



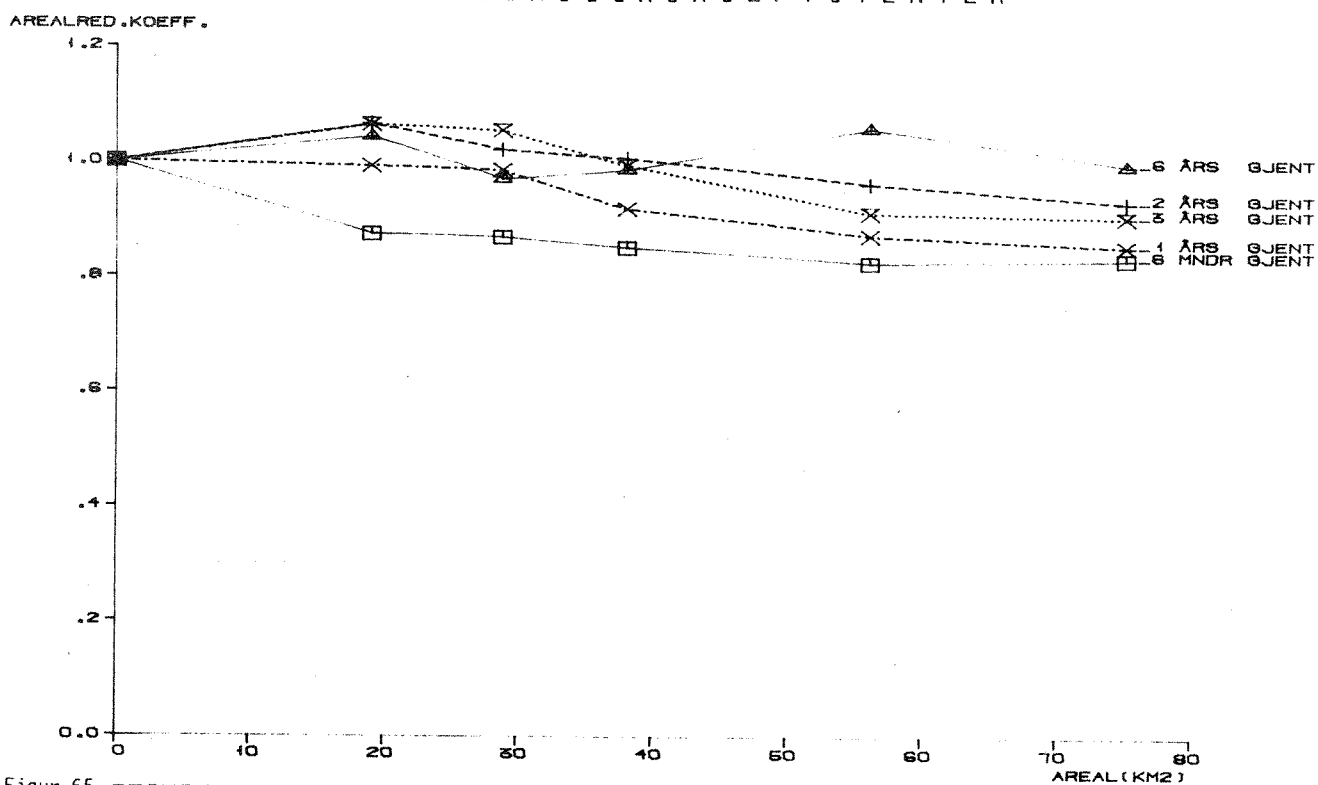
Figur 63. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 120 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESENS VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



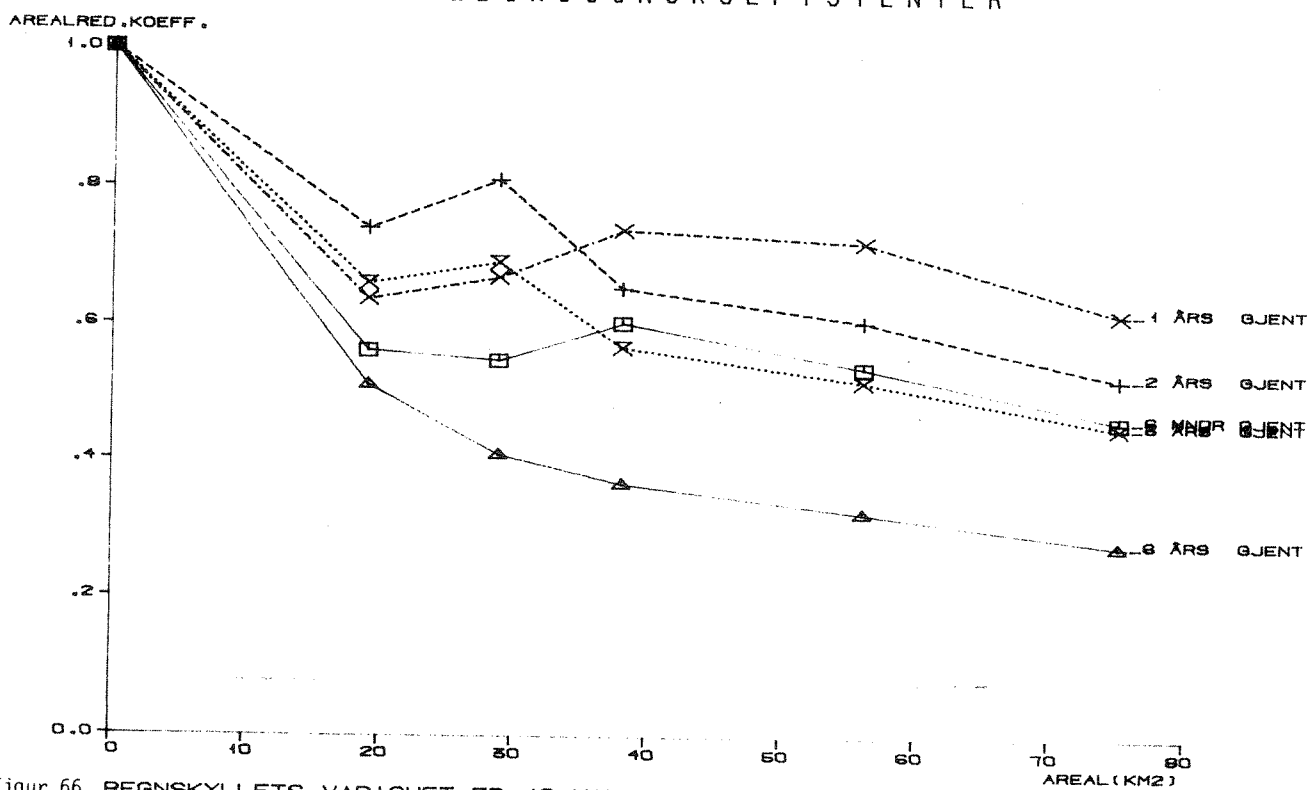
Figur 64. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 240 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



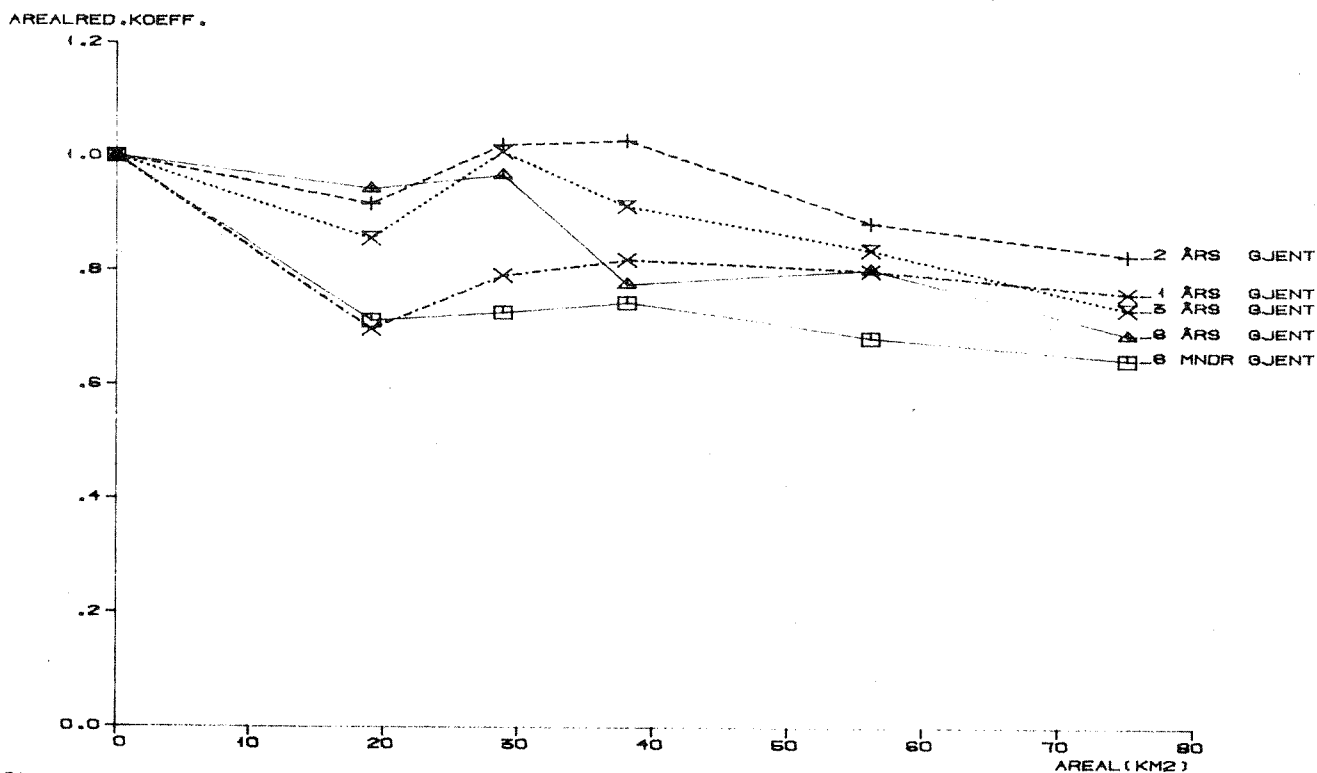
Figur 65. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 360 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "THIESSENS VEKT"

### AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



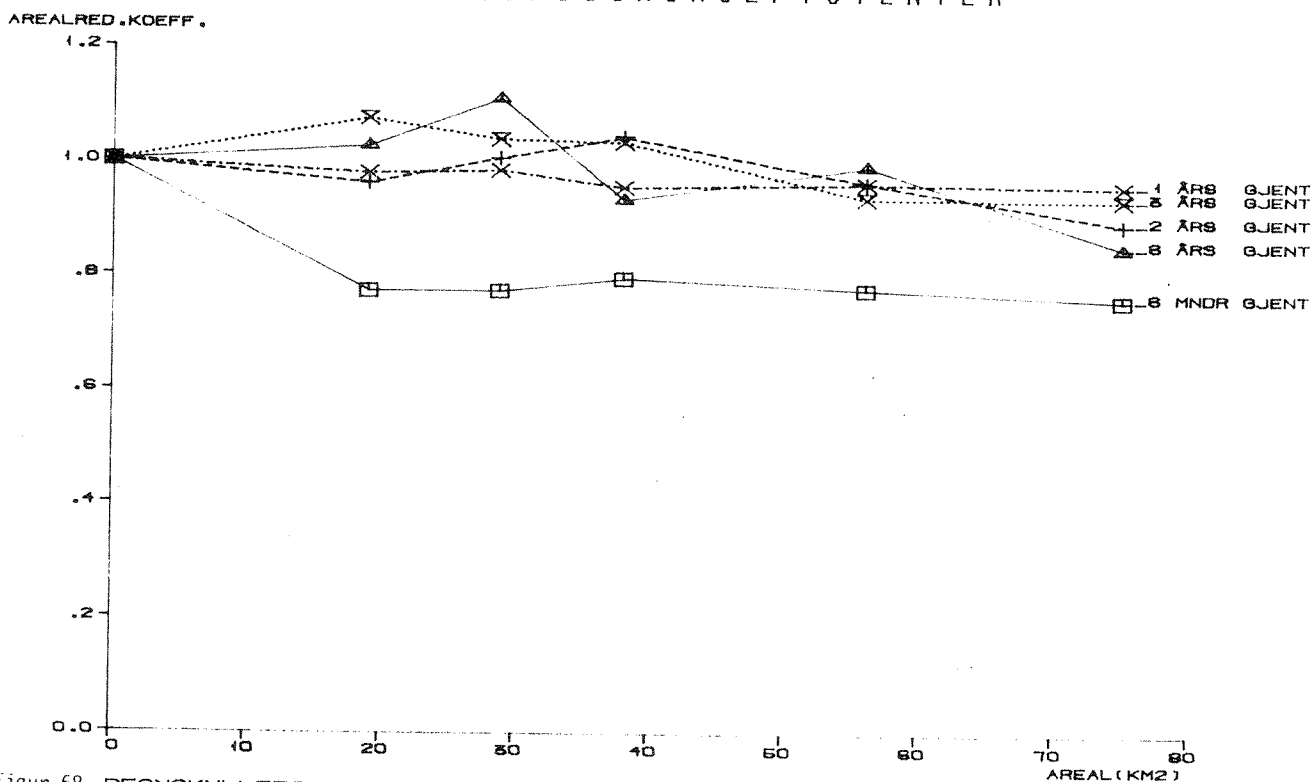
Figur 66. REGNSKYLLET'S VARIGHET ER 10 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 67. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 40 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

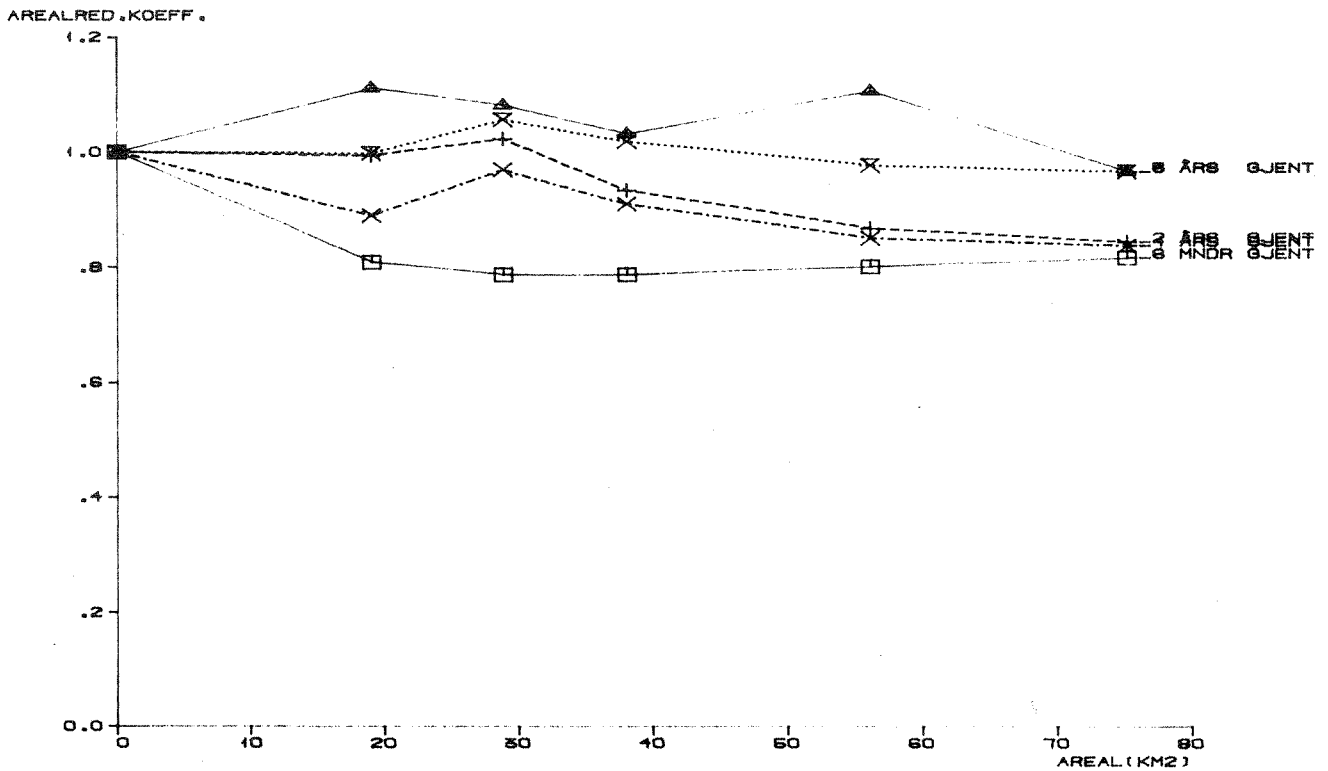
AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 68. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 120 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

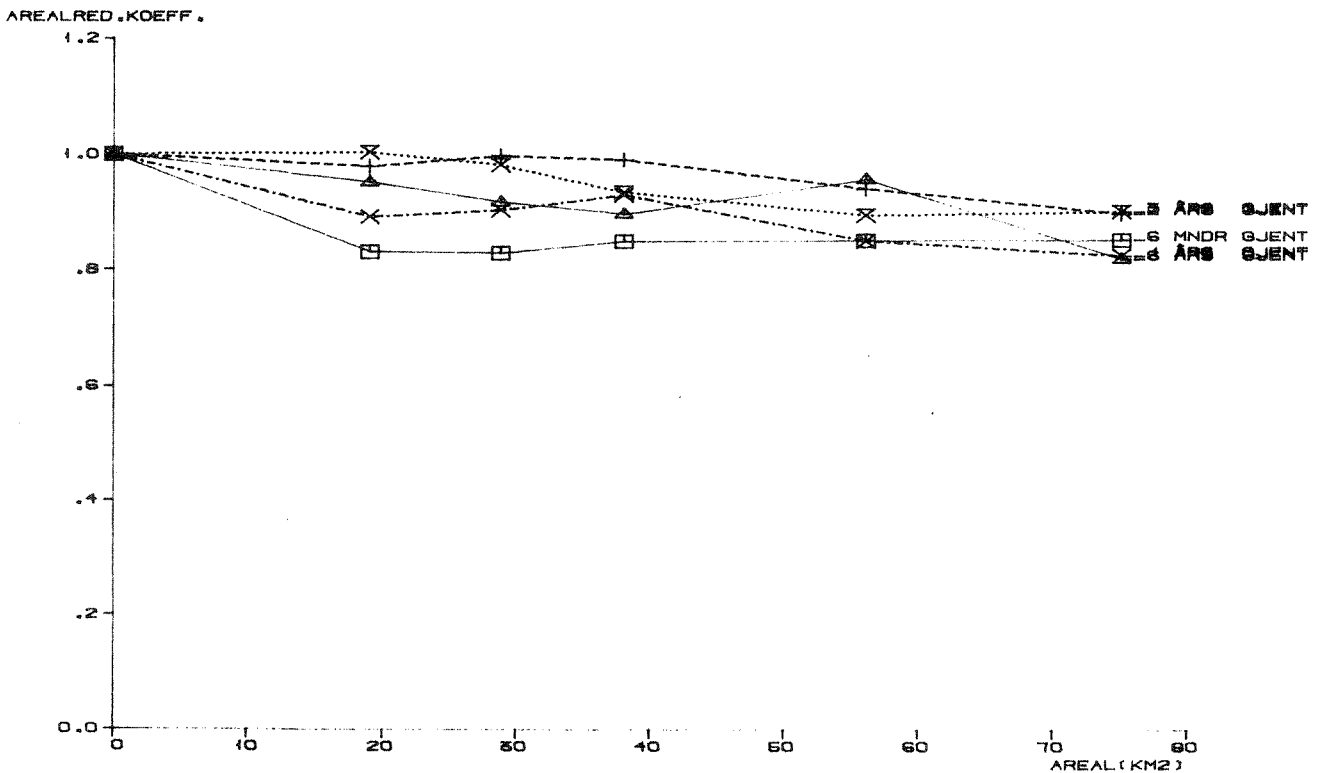


AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 69. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 240 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 70. REGNSKYLLETS VARIGHET ER 360 MINUTTER  
BASISSTASJON ER GJETTUM. "LIK VEKT"