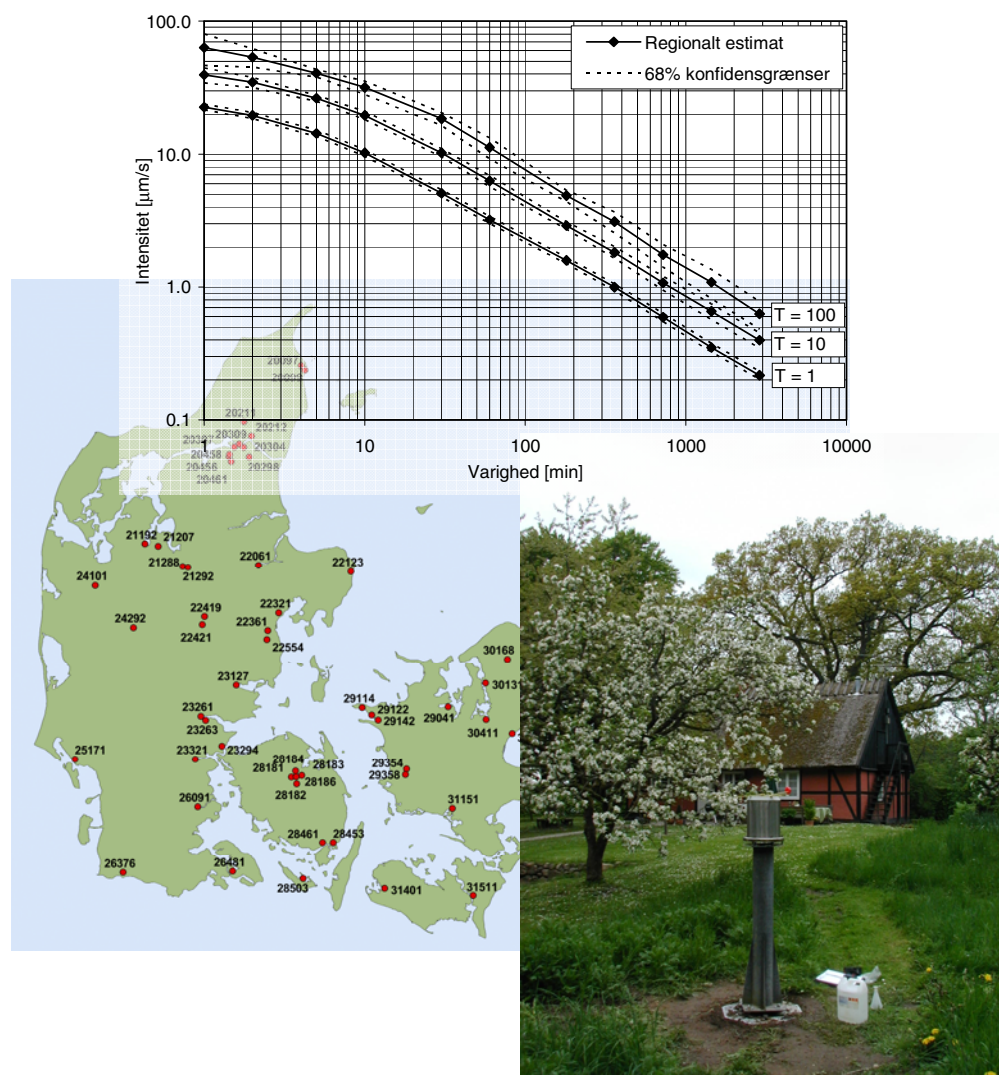


Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomitéens Regnmålersystem 1979-2005



Styregruppen for
Spildevandskomitéens
Regnmålersystem

Endelig Rapport
Marts 2006

Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomitéens Regnmålersystem 1979-2005

Marts 2006

Agern Allé 5
2970 Hørsholm

Tlf: 4516 9200
Fax: 4516 9292
Afd. fax:
E-mail: dhi@dhi.dk
Web: www.dhi.dk

Klient		Klientens repræsentant			
Styregruppen for Spildevandskomitéens Regnmålersystem		Karsten Arnbjerg-Nielsen			
Projekt		Projekt nr.			
Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomitéens Regnmålersystem 1979- 2005		53480			
Forfattere		Dato			
		Marts 2006			
Henrik Madsen, DHI Karsten Arnbjerg-Nielsen, COWI A/S		Godkendt af			
		Jacob Høst-Madsen			
	Endelig Rapport				
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
Nøgleord		Klassifikation			
Extreme rainfall, Intensity-duration-frequency curves, Regional variation, Partial duration series, L- moment analysis, Regression analysis		☒ Åben			
		☐ Intern			
		☐ Tilhører klienten			

Distribution		Antal kopier
Styregruppen for Spildevandskomitéens Regnmålersystem DHI:	Karsten Arnbjerg-Nielsen HEM	



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING	1-1
1.1	Baggrund	1-1
1.2	Formål	1-1
1.3	Indhold	1-1
2	STATISTISK MODEL	2-1
2.1	Ekstremværdimodel	2-1
2.2	Regional model	2-1
2.3	L-moment analyse	2-2
2.4	Regressionsanalyse	2-3
3	NEDBØRSDATA	3-1
3.1	Udvælgelse af data	3-1
3.2	Analyserede nedbørsvariable	3-4
3.3	Test for stationaritet	3-5
4	REGIONAL ANALYSE	4-1
4.1	L-moment analyse	4-1
4.2	Spatial korrelationsstruktur	4-4
4.3	Regional modellering af PDS parametre	4-8
4.3.1	Procedure	4-8
4.3.2	Gennemsnitlig antal årlige overskridelser	4-8
4.3.3	Middeloverskridelse	4-11
4.3.4	Formparameter	4-15
5	ANVENDELSE AF REGIONAL MODEL	5-1
5.1	Regional estimation af T-års hændelser	5-1
5.2	Regional variation af T-års hændelser	5-3
5.3	Sammenligning med skrift nr. 26	5-5
6	KLASSIFICERING AF HISTORISKE REGNSERIER	6-1
7	KONKLUSION	7-1
8	REFERENCER	8-1

BILAG

- A Beregning af regionalt T -års estimat
- B Klassificering af stationer



FORORD

Denne rapport er udarbejdet for Styregruppen for Spildevandskomitéens Regnmålersystem og indeholder en opdatering af den regionale model for ekstremregn i Danmark der ligger til grund for udarbejdelsen af Spildevandskomitéens skrift nr. 26 "Regional variation af ekstremregn i Danmark". Rapporten er baseret på regndata fra Spildevandskomitéens Regnmålersystem fra systemets oprettelse i 1979 frem til 1. august 2005.

De to regneark der blev udgivet sammen med skrift nr. 26 som hjælpeværktøjer til beregning af dimensionsgivende regn er ligeledes blevet opdateret. Disse regneark er navngivet henholdsvis "Regional CDS ver_3.0.xls" og "Regional estimation Ver_3.0.xls". Rapport og regneark inklusiv dokumentation kan downloades fra Ingeniørforeningen i Danmarks hjemmeside (www.ida.dk).

Et udkast til rapporten har været forelagt og godkendt af Styregruppen for Spildevandskomitéens Regnmålersystem.



1 INDLEDNING

1.1 Baggrund

I forbindelse med udarbejdelse af Spildevandskomitéens skrift nr. 26 ”Regional variation af ekstremregn i Danmark” (Spildevandskomitéen, 1999) blev der foretaget en omfattende statistisk bearbejdning af data fra Spildevandskomitéens landsdækkende Regnmålersystem. Denne bearbejdning var baseret på nedbørsdata fra Regnmålersystemet fra 1. januar 1979 frem til 1. januar 1997 og inkluderede i alt 41 stationer med mere end 10 års data.

Den statistiske bearbejdning omfattede analyse af den regionale variabilitet af ekstremregn i Danmark for forskellige nedbørsvariable. Disse inkluderede middelintensiteter for forskellige varigheder mellem 1 minut og 48 timer, den totale nedbørsmængde for individuelle regnhændelser, døggnedbør, samt bassinvolumen og overløbsvolumen for to forskellige afløbstal. Den statistiske analyse er dokumenteret i en teknisk baggrundsrapport (Madsen, 1998) samt i et supplement (Madsen, 2002).

Den statistiske analyse påviste en signifikant regional variation af ekstremregn i Danmark. Der blev opbygget en regional model til estimation af regnkurver og andre regnvariable med tilhørende usikkerhed på enhver lokalitet i Danmark. En del af den regionale variabilitet kan beskrives ved årsmiddelnedbøren idet der forekommer flere ekstreme hændelser på lokaliteter med stor årsmiddelnedbør. Desuden blev der for intensiteter med store varigheder samt bassin- og overløbsvolumen for små afløbstal påvist at der forekommer mere ekstreme hændelser i Københavnsområdet end i resten af landet.

Som supplement til skrift nr. 26 blev der udarbejdet to regneark til estimation af ekstremregn for de forskellige nedbørsvariable og generering af CDS (Chicago Design Storm) regn baseret på den regionale model. Desuden blev der angivet retningslinier til valg af historiske regnserier baseret på en klassificering af regnserierne i forhold til den regionale model.

1.2 Formål

Formålet med dette projekt er at opdatere den regionale model for ekstremregn i Danmark og de tilhørende værktøjer i skrift nr. 26 ved medtagelse af regndata fra Regnmålersystemet fra 1. januar 1997 frem til 1. august 2005. I alt inkluderes 66 stationer med mere end 10 års data i analysen.

1.3 Indhold

I afsnit 2 gives en kort opsummering af den statistiske model der danner grundlag for analysen. I afsnit 3 gives en oversigt over de benyttede data fra Regnmålersystemet og udvælgelse af ekstremværdiserierne til den statistiske analyse. I afsnit 4 rapporteres resultaterne af den statistiske analyse og opbygning af den regionale model. I afsnit 5



gives eksempler på anvendelse af den regionale model for forskellige nedbørsvariable og der sammenlignes med resultater fra skrift nr. 26. Klassificering af de historiske regnserier baseret på den regionale model beskrives i Afsnit 6. Endelig opsummeres konklusionerne i Afsnit 7.

I Bilag A er angivet parameterestimer for beregning af regionalt T -års estimat, mens Bilag B angiver beregnede U -værdier til brug for klassificeringen af historiske regnserier.



2 STATISTISK MODEL

I dette afsnit gives en kort beskrivelse af den statistiske model der danner grundlag for den regionale model for ekstremregn i Danmark i skrift nr. 26. For en mere detaljeret beskrivelse af modellen henvises til den tekniske baggrundsrapport (Madsen, 1998) og Madsen et al. (2002).

2.1 Ekstremværdimodel

Grundlaget for den regionale model er en statistisk ekstremværdimodel baseret på overskridelsesmodellen eller PDS (Partial Duration Series) modellen der inkluderer hændelser over et fastlagt afskæringsniveau. I den regionale analyse af ekstremregn i Danmark er der valgt et konstant afskæringsniveau for hele landet for hver af de analyserede nedbørsvariable.

PDS modellen inkluderer to elementer, dels modellering af antallet af overskridelser og dels modellering af overskridelsernes størrelse. Normalt antages antallet af overskridelser at være Poisson fordelt med en intensitet der er lig med det forventede antal årlige overskridelser. Til modellering af overskridelsernes størrelse benyttes en statistisk fordeling der bestemmes på basis af PDS serier fra samtlige stationer i regionen. Oftest benyttes en 2-parameter fordeling hvorved modellens parametre kan estimeres ud fra middelværdi og 2. ordens moment. Benyttes L-moment metoden til estimation af parametrene kan et estimat af T -års hændelsen bestemmes som (en "hat" indikerer en estimeret parameter)

$$\hat{z}_T = z_0 + F^{-1}\left(1 - \frac{1}{\hat{\lambda}T}; \hat{\mu}, \hat{\tau}_2\right) = z_0 + g(\hat{\lambda}, \hat{\mu}, \hat{\tau}_2) \quad (2.1)$$

hvor z_0 er afskæringsniveauet.

$\hat{\lambda}$ er det gennemsnitlige antal overskridelser per år.

$\hat{\mu}$ er middelværdien af overskridelsernes størrelse.

$\hat{\tau}_2$ er 2. ordens standardiserede L-moment (L-CV).

$F^{-1}(\cdot)$ er den inverse af fordelingsfunktionen for den statistiske fordeling.

I den tidligere analyse af ekstremregn i Danmark blev det godtgjort at overskridelsernes størrelse kan beskrives ved den generaliserede Pareto (GP) fordeling. Formparameteren i GP fordelingen estimeres ud fra L-CV.

2.2 Regional model

Den regionale model er baseret på parameteriseringen af PDS modellen givet i (2.1). Dvs. middel antal overskridelser, middelværdien af overskridelsernes størrelse (herefter



benævnt middelloverskridelsen) og L-CV betragtes som regionale variable. Formålet med den regionale analyse er at estimere de tre parametre og tilhørende usikkerheder fra regionale data på et arbitrært sted i regionen. Det regionale T -års estimat er da givet ved

$$\hat{z}_T^R(s) = z_0 + g(\hat{\lambda}^R(s), \hat{\mu}^R(s), \hat{\tau}_2^R(s)) \quad (2.2)$$

hvor index R indikerer et regionalt estimat og s referer til en given lokalitet. Usikkerheden på det regionale estimat er givet ved

$$Var\{\hat{z}_T^R(s)\} = \left(\frac{\partial g}{\partial \lambda}\right)^2 Var\{\hat{\lambda}^R(s)\} + \left(\frac{\partial g}{\partial \mu}\right)^2 Var\{\hat{\mu}^R(s)\} + \left(\frac{\partial g}{\partial \tau_2}\right)^2 Var\{\hat{\tau}_2^R(s)\} \quad (2.3)$$

hvor $Var\{.\}$ er variansen på de estimerede regionale PDS parametre. Estimationsvariansen er en kombination af stikprøveusikkerhed og regional modelusikkerhed.

Opbygningen af den regionale model inkluderer følgende elementer:

- Analyse af den regionale variabilitet for de tre PDS parametre.
- Beskrivelse af den regionale variabilitet ud fra relevante klimatiske og fysiografiske karakteristika for de PDS parametre der ikke kan antages homogene i regionen.
- Bestemmelse af regional fordeling af overskridelsernes størrelse.

2.3 L-moment analyse

For en indledende vurdering af den regionale variabilitet for L-CV og valg af statistisk fordeling benyttes L-moment analyse. I et L-moment diagram plottes sammenhørende værdier af estimer af L-CV og 3. ordens standardiserede L-moment (L-skævhed) for samtlige stationer i den betragtede region og sammenholdes med teoretiske udtryk for forskellige statistiske fordelinger. Dispersionen af punkterne i L-moment diagrammet er et mål for den regionale variabilitet. Beliggenheden af punkterne giver desuden et mål for hvilken statistisk fordeling der bedst beskriver data.

Udover den visuelle vurdering suppleres med tre statistiske størrelser:

- Diskordansmål til identifikation af stationer der med hensyn til L-CV og højere ordens L-momenter er væsentlig forskellige fra gruppen af stationer som helhed.
- Heterogenitetsmål til vurdering af den regionale variabilitet af L-CV og højere ordens L-momenter.
- Goodness-of fit mål til bestemmelse af en regional fordeling.



2.4 Regressionsanalyse

Til undersøgelse af den regionale variabilitet af PDS parametrene benyttes regressionsanalyse. I dette tilfælde benyttes en model baseret på generaliseret mindste kvadraters metode (generalised least squares, GLS). Metoden adskiller sig fra almindelig mindste kvadraters metode ved eksplicit at tage hensyn til stikprøveusikkerhed og korrelationer mellem data fra forskellige steder i regionen.

Regressionsanalysen har to formål. Først benyttes modellen til en kvantificering af den regionale variabilitet. Dernæst, for parametre der udviser en signifikant regional variabilitet, benyttes GLS modellen til at undersøge potentialet i at beskrive variabiliteten ud fra klimatiske og fysiografiske karakteristika. Evt. kan variabiliteten beskrives ved en opdeling af den samlede region i et antal subregioner hvor GLS modellen efterfølgende anvendes.



3 NEDBØRSDATA

3.1 Udvalgelse af data

I nærværende statistiske bearbejdning benyttes data udtrukket fra Regnmålersystemets database i starten af august 2005 der dækker perioden 1. januar 1979 – 1. august 2005. I den regionale analyse er der kun medtaget de stationer der har mere end 10 års observationer. Det drejer sig om i alt 66 stationer jvf. Tabel 3.1. I alt indeholder datamaterialet 1251 stationsår (korrigeret for perioder hvor målerne har været ude af drift) svarende til en gennemsnitlig observationsperiode på ca. 19 år. De længste serier består af knap 26 års data. Den tidligere analyse omfattede et datamateriale på ca. 650 stationsår fra 41 stationer, og nærværende analyse bygger derfor på et datamateriale der er næsten dobbelt så stort.

Tabel 3.1 Oversigt over målestationer medtaget i den statistiske analyse. Observationsperioden er korrigeret for perioder hvor stationen har været ude af drift.

Station nr.	Navn	Startdato	Slutdato	Obs. periode [år]
20097	Frederikshavn Materielgård	19/04/1990	01/08/2005	15.18
20099	Frederikshavn Centralrenseanlæg	24/04/1990	01/08/2005	14.67
20211	Sulsted	01/01/1979	01/08/2005	22.90
20304	Aalborg Østerport P.	28/02/1990	01/08/2005	15.28
20461	Svenstrup J.	08/01/1979	01/08/2005	17.50
22321	Egå Renseanlæg	05/09/1989	01/08/2005	15.15
22361	Viby J. Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.53
22421	Silkeborg Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.62
22554	Trankær Renseanlæg	05/09/1989	01/08/2005	15.80
23127	Horsens Centralrenseanlæg	20/08/1982	01/08/2005	22.46
23261	Vejle Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	21.61
23294	Fredericia Centralrenseanlæg	23/11/1994	01/08/2005	10.68
23321	Kolding Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.36
23345	Vamdrup Flyveplads	10/06/1991	29/06/2003	12.00
24292	Herning Centralrenseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.64
25171	Esbjerg Renseanlæg V	04/01/1979	01/08/2005	24.15
26091	Haderslev Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	23.66
26376	Tønder Centralrenseanlæg	09/02/1994	01/08/2005	11.36
26481	Sønderborg Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.32
28181	Bolbro Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	23.74
28183	Ejby Mølle Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	14.23
28184	Odense NV Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	23.88
28186	Odense Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	23.68
28453	Svendborg Centralrenseanlæg	04/10/1994	01/08/2005	10.79
29009	Gniben	01/06/1990	19/09/2002	11.89
29041	Holbæk Centralrenseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.91
29354	Slagelse Centralrenseanlæg	23/08/1994	01/08/2005	10.68
29429	Omø Fyr	19/07/1990	21/08/2000	9.97
30031	Sydvestens Renseanlæg	23/01/1979	01/08/2005	25.91
30131	Frederikssund Centralrenseanlæg	16/01/1992	01/08/2005	13.42
30168	Hillerød Renseanlæg	03/06/1991	01/08/2005	13.62



30191	Dronninggård Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.79
30201	Vedbæk Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.41
30208	Ordrup Kirkegård	14/10/1991	01/08/2005	13.37
30211	Svanemøllens Kaserne	20/09/1979	16/04/1993	10.87
30221	Virum	01/01/1979	23/12/1997	18.36
30222	Søborg Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.33
30309	Åveningen	11/04/1995	01/08/2005	10.19
30311	Emdrup	08/01/1979	25/10/1994	15.13
30312	Vølundsgade	24/01/1979	13/01/1994	14.52
30313	Kløvermarksvej	01/01/1979	01/08/2005	25.31
30314	Kongens Enghave	01/01/1979	01/08/2005	25.80
30315	Husum	16/01/1979	09/03/1995	14.64
30316	Måløv Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.70
30317	Glostrup Genbrugsplads	23/01/1979	01/08/2005	25.05
30318	Hvidovre Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.81
30319	Hvidovre Pumpestation	01/01/1979	01/08/2005	25.05
30321	Rødovre Vandværk	01/01/1979	01/08/2005	25.72
30325	Bispebjerg Hospital	14/01/1995	01/08/2005	10.44
30326	Lygten	25/11/1994	01/08/2005	10.21
30348	Wibrandtsvej (Greisvej)	11/04/1995	01/08/2005	10.07
30351	Tårnby Pumpestation 4	01/01/1979	01/08/2005	25.76
30352	Tårnby Pumpestation 10	23/02/1979	01/08/2005	25.73
30353	Tårnby Renseanlæg	10/01/1979	01/08/2005	23.19
30381	Landbohøjskolen	08/05/1992	01/08/2005	13.20
30384	Brøndbyvester Vandværk	10/04/1990	01/08/2005	15.07
30386	Albertslund Materielgård	28/10/1993	01/08/2005	11.67
30395	Ishøj Varmeværk	02/11/1992	01/08/2005	12.66
30411	Roskilde Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	24.77
30451	Mosede Renseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.14
31031	Store Heddinge Vandværk	01/01/1979	31/12/1991	12.31
31151	Næstved Centralrenseanlæg	01/01/1979	01/08/2005	25.23
31231	Vordingborg Renseanlæg	01/01/1979	31/12/1991	12.60
31401	Nakskov	01/01/1979	01/08/2005	25.70
31511	Nykøbing F Renseanlæg N	01/01/1979	01/08/2005	25.23
32097	Rønne C	09/11/1989	01/08/2005	15.60

Data har undergået en kvalitetskontrol som er nærmere beskrevet i Madsen (1998) og Spildevandskomitéen (1999). Følgende statusinformation vedrørende denne kontrol er givet for hver nedbørshændelse defineret i KM2-formatet (se Nielsen (2005) for en nærmere beskrivelse af dette format):

- 1: Hændelsen er kontrolleret og fundet OK
- 2e: Hændelsen indeholder en urealistisk ekstrem minutintensitet (større end 2mm/min = 33.33 µm/s).
- 2d: Større afvigelse fra nærmeste manuelle målere.
- 2t: Teknisk fejl under hændelsen.
- 2a: Afbrudt hvis hændelsen varer ud over den specificerede dataperiode.
- 2s: Varme på måler under hændelsen (den registrerede nedbør kan stamme fra sne).



Idet 2e-hændelserne er de mest kritiske for ekstremværdianalysen blev der i projektet foretaget en ekstra kvalitetskontrol af samtlige hændelser der indeholder en ekstrem minutintensitet større end 2 mm/min. Enkelte hændelser blev her identificeret med forkert statusmarkering og rettet (se Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Nedbørshændelser med ændret statusmarkering. Statusmarkering 1 angiver at hændelsen er godkendt og medtages i analysen. Statusmarkering 2e angiver en urealistisk ekstrem minutintensitet i hændelsen som derfor forkastes.

Station nr.	Dato	Tid	Status	Ny status	Kommentar
20461	19880724	0527	2e	1	Blev godkendt i tidligere analyse (Madsen, 1998).
26481	19880701	1935	2e	1	Blev godkendt i tidligere analyse (Madsen, 1998).
30312	19830521	2238	2e	1	Blev godkendt i tidligere analyse (Madsen, 1998).
22321	20010216	1012	1	2e	Urealistisk hyetograf.
23345	20010221	1431	1	2e	Urealistisk hyetograf.
29429	20000723	0401	1	2e	Urealistisk hyetograf.
20097	20020618	1723	2e	1	To fortløbende minutintensiteter på 1.667 µm/s og 88.334 µm/s ændres begge til 45 µm/s
22361	19970824	1356	2e	1	Realistisk hyetograf. Er desuden registreret som ekstrem hændelse på nabostationen 22321.
25171	19990924	1712	2e	1	Realistisk hyetograf. Er checket med vejrkort.
25171	20040702	0501	2e	1	Realistisk hyetograf. Er checket med vejrkort.
30325	20020801	0505	2e	1	Realistisk hyetograf. Er desuden registreret som ekstrem hændelse på nabostationen 30222.

Ud af i alt 281.824 nedbørshændelser i datamaterialet er der registreret 667 hændelser med minutintensitet større end 2 mm/min. Af disse har 325 fået statusmarkeringen 2e svarende til 0.12% af samtlige hændelser. Der er 2.671 hændelser (0.95%) med statusmarkering 2d, 731 hændelser (0.26%) med statusmarkering 2t og 47.797 hændelser (17.0%) med statusmarkering 2s.

I overensstemmelse med den tidligere analyse er samtlige hændelser på nær 2e-hændelserne medtaget i den statistiske analyse. Hændelser med statusmarkering 2a, 2t og 2s vil ikke generelt være kritiske for analyse af ekstremregn. Hændelser med statusmarkering 2d er mere problematiske. For det første er 2d-markeringen først udført fra 1. januar 1993, hvorfor over halvdelen af datamaterialet ikke er kvalitetssikret i forhold til dette. For det andet har principperne for denne kvalitetskontrol varieret gennem tiden. Som udgangspunkt medtages derfor alle 2d-hændelser i analysen. I forbindelse med analysen viste en enkelt målestation (station 28453) dog i en periode at give urealistisk store bassin- og overløbsvolumener grundet adskillige meget volumenrige hændelser der alle var markeret som 2d-hændelser. Perioden fra 10. oktober – 22. november 1994 for station 28453 blev derfor slettet fra datamaterialet.



3.2 Analyserede nedbørsvariable

Ud fra de rå nedbørsdata fra databasen beregnes forskellige nedbørsvariable af afløbs-teknisk relevans. I alt beregnes 17 variable:

- Maksimale middelintensiteter for varighederne 1, 2, 5, 10, 30 og 60 minutter samt 3, 6, 12, 24 og 48 timer.
- Volumenbaserede variable i form af regndybde per regnhændelse og døgnnedbør.
- Transformerede variable i form af nødvendige bassinvolumener og overløbsvolumener for afløbstal på $a = 0.1 \mu\text{m/s}$ og $a = 1.0 \mu\text{m/s}$.

For en nærmere definition af disse variable henvises til Madsen (1998) og Spildevandskomitéen (1999). Symbolliste for de 17 variable der benyttes i det følgende er vist i Tabel 3.3.

Til definition af overskridelsesserier for de forskellige nedbørsvariable benyttes det samme afskæringsniveau ved de 66 stationer. De benyttede afskæringsniveauer, som også blev benyttet ved den tidligere analyse, fremgår af Tabel 3.3. I denne tabel er ligeledes angivet det gennemsnitlige antal overskridelser per år og den gennemsnitlige middelloverskridelse ved de 66 stationer.

Tabel 3.3 Symbolliste, afskæringsniveau, gennemsnitlig antal overskridelser per år og gennemsnitlig middelloverskridelse for de 17 analyserede nedbørsvariable.

Nedbørsvariabel	Symbol	Enhed	Afskærings-niveau	Antal overskri-delser per år	Middellover-skridelse
1 min. intensitet	<i>i1m</i>	[$\mu\text{m/s}$]	15.8	3.82	6.02
2 min. intensitet	<i>i2m</i>	[$\mu\text{m/s}$]	12.8	3.80	5.82
5 min. intensitet	<i>i5m</i>	[$\mu\text{m/s}$]	9.00	3.65	4.76
10 min. intensitet	<i>i10m</i>	[$\mu\text{m/s}$]	6.00	4.03	3.47
30 min. intensitet	<i>i30m</i>	[$\mu\text{m/s}$]	3.20	3.79	1.73
60 min. intensitet	<i>i60m</i>	[$\mu\text{m/s}$]	2.10	3.70	1.05
3 timers intensitet	<i>i3h</i>	[$\mu\text{m/s}$]	1.10	3.44	0.473
6 timers intensitet	<i>i6h</i>	[$\mu\text{m/s}$]	0.730	3.10	0.284
12 timers intensitet	<i>i12h</i>	[$\mu\text{m/s}$]	0.450	2.76	0.177
24 timers intensitet	<i>i24h</i>	[$\mu\text{m/s}$]	0.260	2.98	0.103
48 timers intensitet	<i>i48h</i>	[$\mu\text{m/s}$]	0.150	3.34	0.0619
Regndybde (dybde per hændelse)	<i>dph</i>	[mm]	17.2	3.30	8.02
Døgnnedbør (dybde per døgn)	<i>dpd</i>	[mm]	19.4	3.22	7.54
Bassinvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	<i>bv1</i>	[mm]	17.0	3.11	10.12
Bassinvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	<i>bv2</i>	[mm]	5.40	3.33	4.69
Overløbsvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	<i>ov1</i>	[mm]	15.0	3.16	7.39
Overløbsvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	<i>ov2</i>	[mm]	6.80	3.18	5.13



3.3 Test for stationaritet

Et emne som ofte diskuteres i forbindelse med ekstremværdianalyse af meteorologiske og hydrologiske variable er hvorvidt der er en ændring i ekstremværdi karakteristika gennem tiden grundet eksempelvis klimaændringer. I forbindelse med den tidligere analyse af ekstremregn i Danmark (Madsen, 1998) benyttedes to forskellige trend tests. I den analyse kunne det ikke påvises signifikante trends i ekstremværdiserierne. I en senere analyse i Arnbjerg-Nielsen (2005) blev der påvist en signifikant trend af 10 min. intensiteten mod mere ekstreme og oftere forekommende hændelser. De 2 øvrige analyserede variable, 6 timers intensiteten og regndybden per regnhændelse, udviste ingen signifikant trend på landsplan.

I nærværende studie er der foretaget 2 forskellige trend tests, henholdsvis Mann-Kendall test (også kendt som Kendalls tau test) og lineær regressionstest. Resultaterne af trend testene er opsummeret i Tabel 3.4 og Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Antal stationer med signifikant trend (positiv eller negativ) på 5% niveau for de analyserede intensiteter. Markering angiver andel med signifikant trend over 5%.

	i1m	i2m	i5m	i10m	i30m	i60m	i3h	i6h	i12h	i24h	i48h
<i>Mann-Kendall test</i>											
Positiv	4	4	3	4	6	3	4	2	1	1	0
Negativ	3	1	1	0	0	1	1	2	3	2	5
<i>Regressionstest</i>											
Positiv	8	5	3	3	6	4	3	1	3	1	0
Negativ	2	1	2	2	1	0	0	0	2	3	6
<i>Andel signifikante [%]</i>											
	13	8	7	7	10	6	6	4	7	5	8

Tabel 3.5 Antal stationer med signifikant trend (positiv eller negativ) på 5% niveau for de analyserede volumen variable og transformerede variable. Markering angiver andel med signifikant trend over 5%.

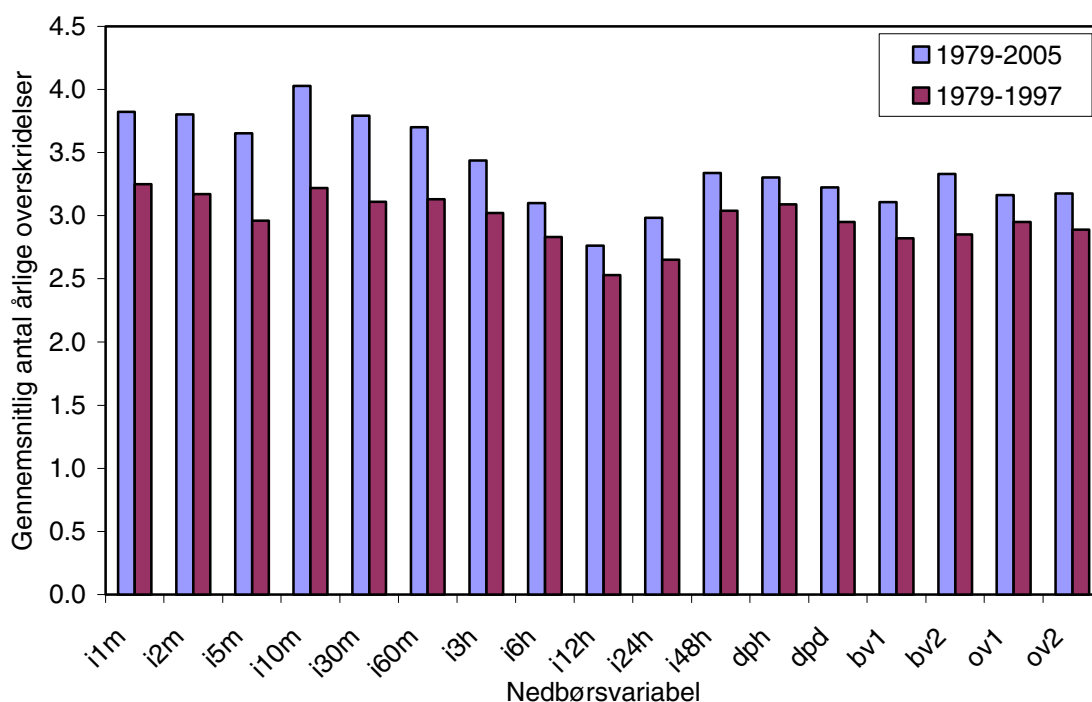
	dph	dpd	bv1	bv2	ov1	ov2
<i>Mann-Kendall test</i>						
Positiv	0	2	1	4	0	1
Negativ	0	6	2	0	0	1
<i>Regressionstest</i>						
Positiv	2	2	1	3	2	1
Negativ	1	6	1	0	0	1
<i>Andel signifikante [%]</i>						
	2	12	4	5	2	3

For ingen af stationerne udviser samtlige analyserede variable signifikant trend. Der er dog adskillige stationer der for forskellige variable udviser signifikant trend. For et test

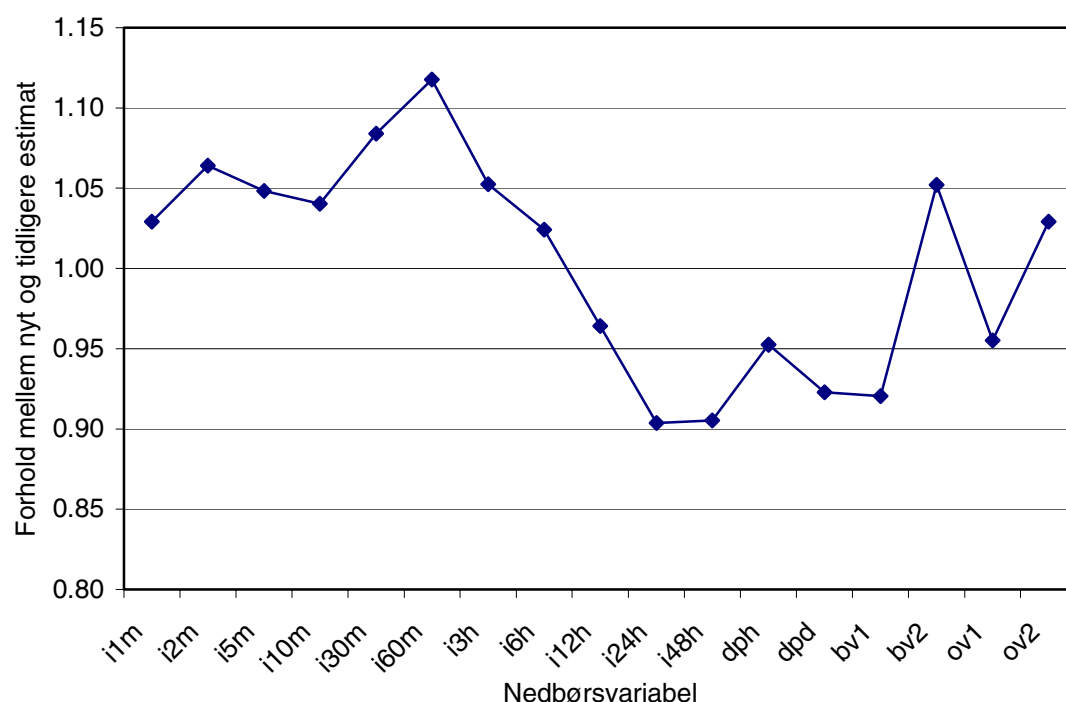
på 5% niveau forventes 5% af testene at udvise signifikant trend alene grundet tilfældigheder. For en stor del af de analyserede intensiteter (på nær 6 og 24 timers intensiteterne) er der et signifikant antal tests der udviser enten en positiv eller negativ trend. For små varigheder er der flest positive trends, mens der for større varigheder er flest negative trends. For volumen variable og transformerede variable er det kun for døgnnedbøren at et signifikant antal tests udviser en trend.

For yderligere at analysere eventuelle trends i data er det gennemsnitlige antal overskridelser per år for de 66 stationer sammenlignet med resultaterne fra den tidligere analyse i Figur 3.1. For samtlige analyserede variable ses et større antal overskridelser for perioden 1979-2005 end for perioden 1979-1997, hvilket indikerer en tendens til flere ekstreme hændelser. I gennemsnit for samtlige analyserede variable ses en stigning i antallet af årlige overskridelser på ca. 10%.

I Figur 3.2 er den gennemsnitlige middelloverskridelse for de analyserede variable sammenlignet for data i perioderne 1979-2005 og 1979-1997. For små varigheder (mindre end 6 timer) ses en højere middelloverskridelse i det nye datamateriale, hvori- mod der for større varigheder ses en mindre middelloverskridelse. For de øvrige nedbørsvariable ses en mindre middelloverskridelse for de 2 volumenvariable samt for bassin- og overløbsvolumen med lille afløbstal, mens der for bassin- og overløbsvolumen for store afløbstal ses en større middelloverskridelse. Det skal dog bemærkes at der her er sammenlignet simple gennemsnit. Medtagelse af korrelationen mellem stationerne i beregningen af den regionale middelværdi vil have en effekt for især intensiteter for store varigheder (se Afsnit 4).



Figur 3.1 Gennemsnitlig antal årlige overskridelser baseret på nærværende datamateriale for perioden 1979-2005 og for den tidligere analyse baseret på data i perioden 1979-1997.



Figur 3.2 Forhold mellem gennemsnitlig middelloverskridelse baseret på nærværende datamateriale for perioden 1979-2005 og for den tidligere analyse baseret på data i perioden 1979-1997.

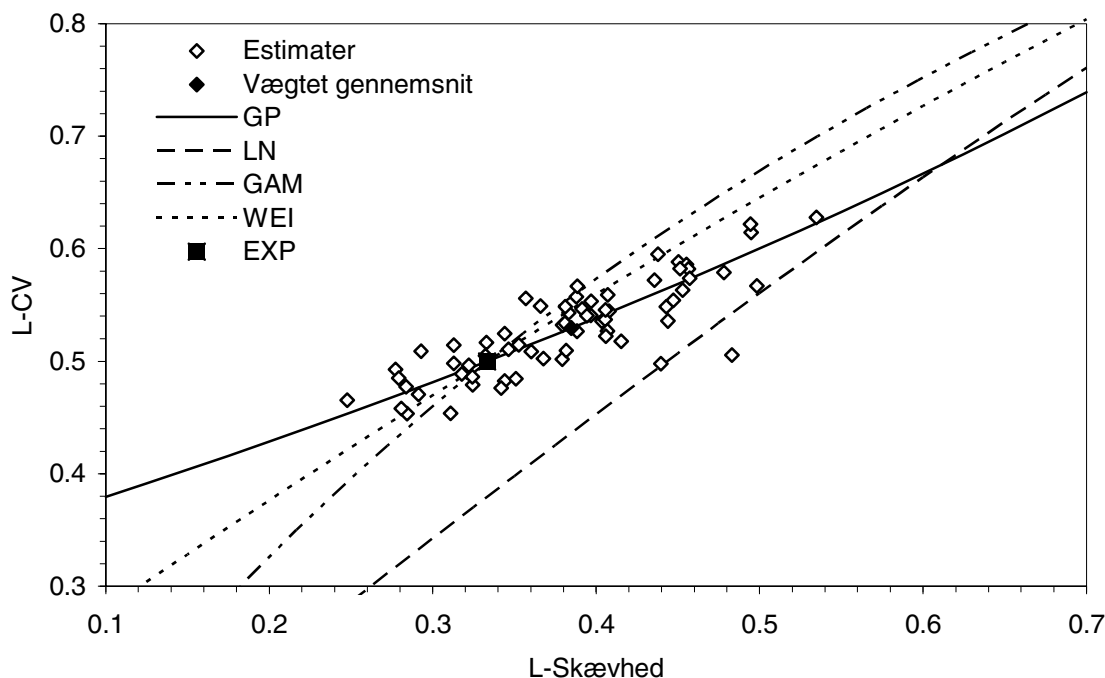
Ovenstående analyse stemmer godt overens med resultaterne i Arnbjerg-Nielsen (2005) for 10 min. og 6 timers intensiteterne samt regndybden. Set samlet over alle de analyserede nedbørsvariable er der dog ingen entydig konklusion om hvorvidt der alene på baggrund af historiske regnserier kan påvises en signifikant trend i ekstremnedbør i Danmark. En mere fyldestgørende statistisk analyse er nødvendig for at analysere dette nærmere, hvilket ligger udenfor rammerne af dette projekt.

4 REGIONAL ANALYSE

4.1 L-moment analyse

L-moment analyse er benyttet til en indledende vurdering af den regionale variabilitet og valg af statistisk fordeling for de analyserede nedbørsvariable. Til en visuel vurdering af regional homogenitet og bestemmelse af fordeling er L-moment diagrammer benyttet. Som eksempel er L-moment diagrammet for 10 min. intensiteten vist i Figur 4.1. Estimer af L-CV og L-skævhed for de 66 stationer er sammenholdt med de teoretiske udtryk for 5 forskellige fordelinger: eksponentialfordelingen (EXP), den generaliserede Pareto fordeling (GP), gamma fordelingen (GAM), Weibull fordelingen (WEI) og log-normal fordelingen (LN).

Dispersionen af punkterne i L-moment diagrammet er et mål for den regionale heterogenitet. Heterogenitetsmålet beskrevet nedenfor kvantificerer signifikansen af dispersionen af punkter i forhold til dispersionen for en homogen region der kan forklares alene ved stikprøveusikkerhed. Beliggenheden af punkterne i L-moment diagrammet indikerer hvilken statistisk fordeling der er mest passende til beskrivelse af data. I Figur 4.1 ses punkterne at gruppere sig omkring GP fordelingen. Goodness-of fit målet beskrevet nedenfor kvantificerer afstanden mellem tyngdepunktet af punkterne (vægtet gennemsnit) til de betragtede fordelinger.



Figur 4.1 L-moment diagram for 10 min. intensiteten.



Tre forskellige målstørrelser baseret på L-momenter er beregnet:

- Diskordansmål D til identifikation af stationer der er væsentlig forskellige fra gruppen af stationer som helhed. En approksimativ kritisk værdi af D på 5% signifikansniveau er $D_c = 5.1$.
- Heterogenitetsmål H til vurdering af den regionale variabilitet af L-CV. Regionen kan betragtes som "acceptabel homogen" hvis $H < 1$, "sandsynligvis heterogen" hvis $1 \leq H \leq 2$ og "afgjort heterogen" hvis $H > 2$.
- Goodness-of fit mål Z til bestemmelse af en regional fordeling. Goodness-of fit mål er beregnet for de 5 fordelinger beskrevet ovenfor. En kritisk værdi af Z på 5% signifikansniveau er $|Z| > 1.96$.

Der henvises til Hosking & Wallis (1993) og Madsen (1998) for en nærmere beskrivelse af de 3 målstørrelser.

Stationer med signifikant diskordansmål er vist i Tabel 4.1. Der er ingen stationer der optræder diskordant for alle 17 analyserede nedbørsvariable. Station 30211 optræder diskordant for 3 af de analyserede variable, mens stationerne 28453, 30312 og 31231 optræder diskordant for 2 af de analyserede variable. I alt er der 12 tilfælde med signifikant diskordansmål ud af 1122 tilfælde (66 stationer gange 17 variable) svarende til ca. 1%. Da dette er betydelig mindre end signifikansniveauet på 5%, må det konkluderes at ingen stationer udviser ekstremværdikarakteristika der er signifikant forskellig fra gruppen af stationer som helhed.

Tabel 4.1 Stationer med diskordansmål der er signifikant på 5% niveau.

Variabel	Station nr.
2 min. intensitet	30211
5 min. intensitet	30211
10 min. intensitet	23294, 30211
30 min. intensitet	28453
3 timers intensitet	30312, 31231
48 timers intensitet	26376
Regndybde	30326, 31231
Bassinvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	28453
Overløbsvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	30312

Heterogenitetsmål H for de analyserede variable er vist i Tabel 4.2. For 1 min. intensiteten indikerer den beregnede H -værdi at de 66 stationer udgør en "afgjort heterogen" region mht. L-CV. For overløbsvolumen for stort afløbstal er regionen "sandsynligvis heterogen". For de 15 øvrige variable er H -værdien under 1 og indikerer derved acceptabel homogenitet mht. L-CV.

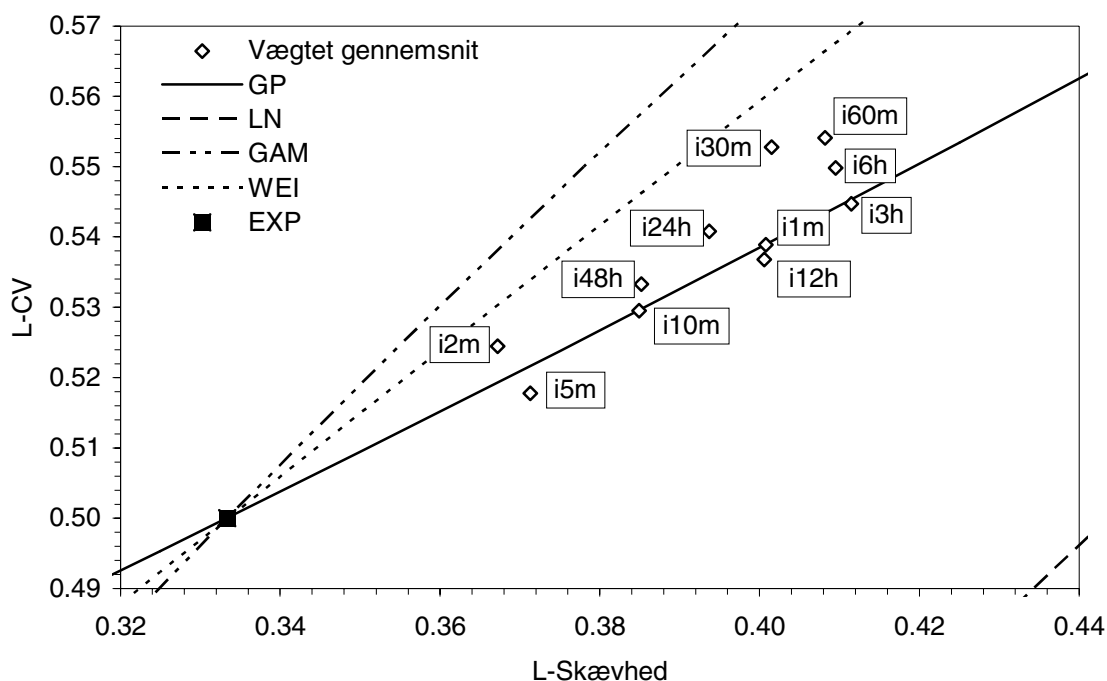
Resultaterne af goodness-of-fit testet er vist i Tabel 4.2. LN, GAM og EXP fordelingen må afvises på 5% niveau for samtlige 17 nedbørsvariable, og WEI fordelingen må afvises for 11 af de 17 variable. Samlet set giver GP fordelingen det bedste fit til data og afvises kun i 2 ud af 17 tilfælde. Disse resultater stemmer overens med den tidligere analyse i Madsen (1998, 2002).



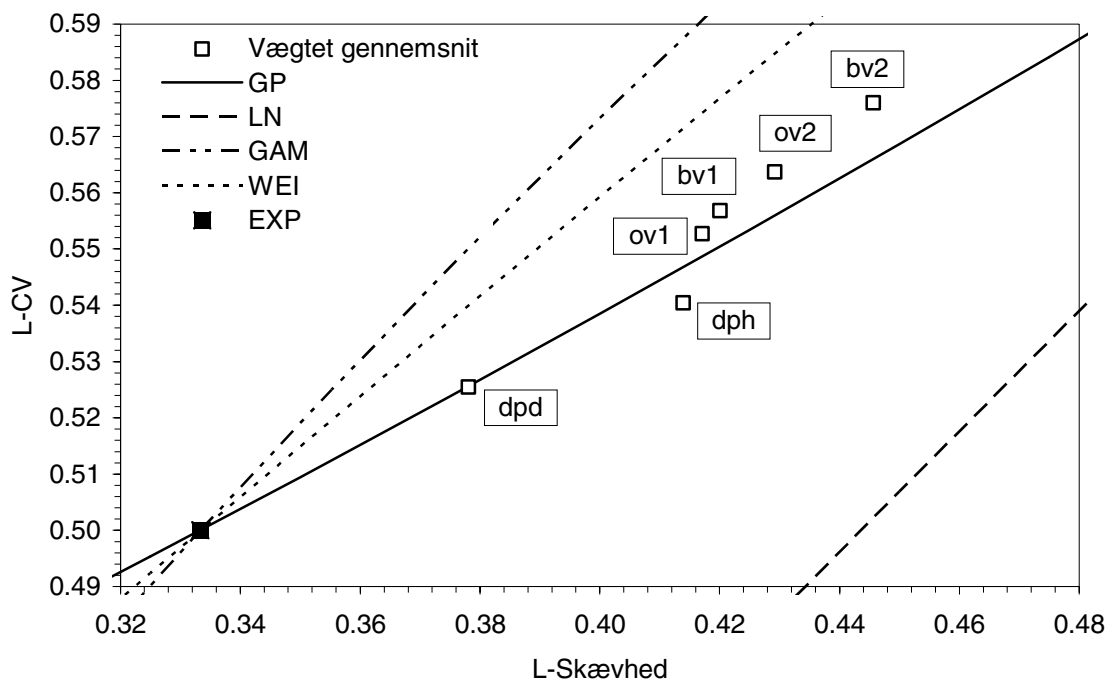
Tabel 4.2 Heterogenitetsmål H og Goodness-of-fit mål Z for forskellige fordelinger. Skravering for $H > 1$ angiver signifikant regional variabilitet af L-CV. Skravering for $|Z| < 1.96$ angiver at den pågældende fordeling ikke kan afvises på 5% signifikansniveau.

Variabel	H	Z_{GP}	Z_{LN}	Z_{GAM}	Z_{WEI}	Z_{EXP}
1 min. intensitet	3.80	-0.08	11.26	-5.99	-3.41	-10.40
2 min. intensitet	0.69	1.07	12.75	-2.73	-0.85	-5.55
5 min. intensitet	-0.03	-0.86	10.52	-3.68	-2.14	-3.76
10 min. intensitet	0.26	-0.08	10.35	-4.14	-2.23	-6.13
30 min. intensitet	-0.13	2.66	10.99	-3.60	-1.06	-11.07
60 min. intensitet	0.65	1.99	9.68	-3.99	-1.58	-10.70
3 timers intensitet	-2.21	-0.15	7.56	-4.86	-2.87	-8.19
6 timers intensitet	-0.69	0.92	8.19	-4.15	-2.06	-8.76
12 timers intensitet	-1.50	-0.37	7.52	-4.24	-2.53	-6.31
24 timers intensitet	-0.34	1.07	9.59	-3.62	-1.6	-7.74
48 timers intensitet	0.62	0.62	10.09	-3.54	-1.65	-6.50
Regndybde	-0.75	-1.13	6.96	-5.53	-3.63	-7.45
Døgnetbør	0.28	-0.07	9.69	-3.37	-1.76	-4.86
Bassinvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	-1.78	1.05	7.93	-4.65	-2.38	-10.15
Bassinvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	0.57	1.61	6.96	-5.24	-2.67	-13.23
Overløbsvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	-1.33	0.65	7.68	-4.62	-2.48	-9.39
Overløbsvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	1.87	1.28	7.55	-4.83	-2.45	-11.31

Regionale estimater af L-CV og L-skævhed (i form af vægtede gennemsnit) for de 17 analyserede variable er vist i Figur 4.2 og Figur 4.3. Disse figurer bekræfter at GP fordelingen samlet set giver det bedste fit. For intensiteterne ses der ingen umiddelbar sammenhæng mellem varigheden og de regionale estimater af L-CV og L-skævhed.



Figur 4.2 Regionale estimater af L-CV og L-skævhed for de analyserede intensiteter sammenholdt med de teoretiske udtryk for forskellige fordelinger.



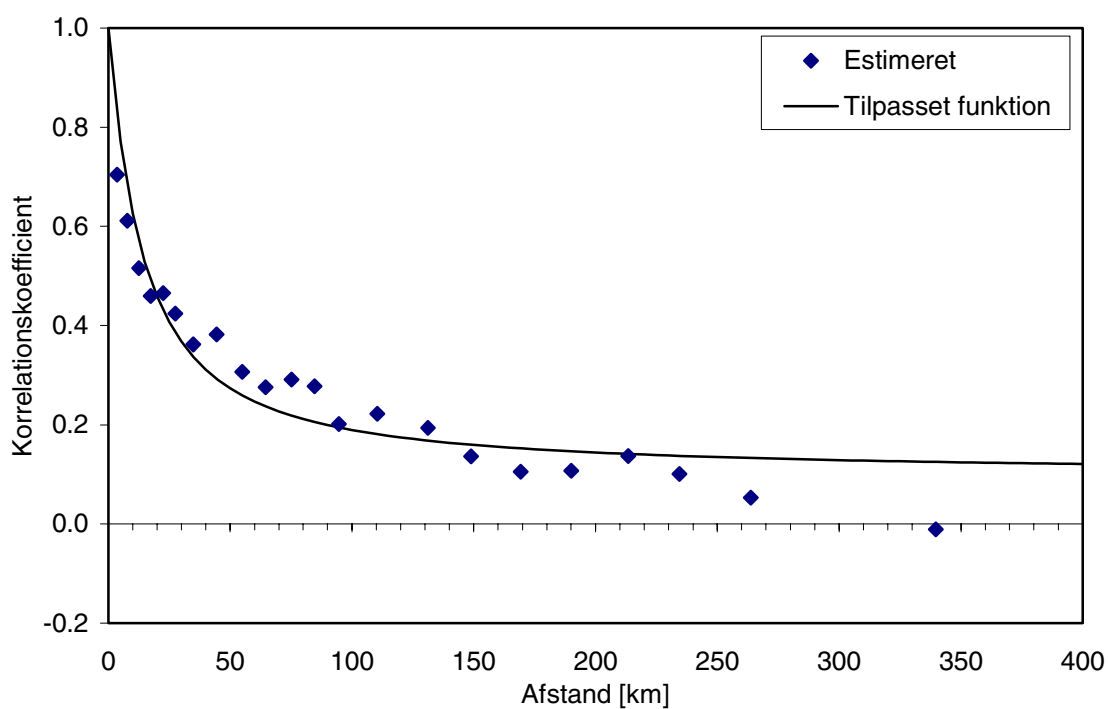
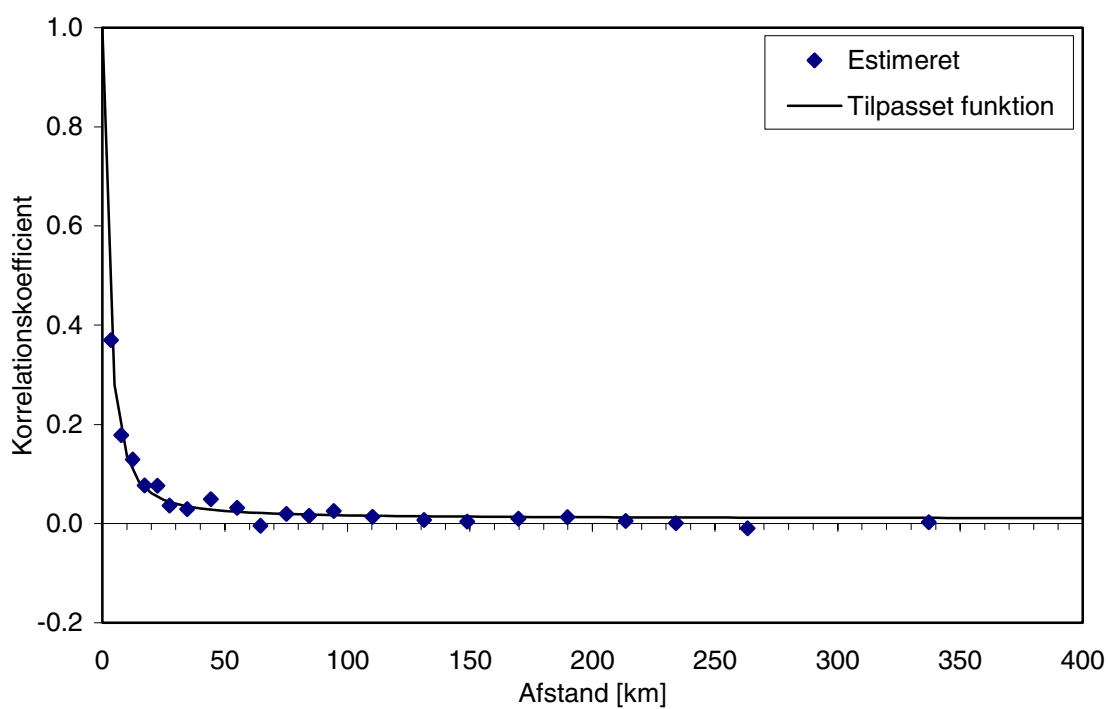
Figur 4.3 Regionale estimater af L-CV og L-skævhed for de analyserede volumen variable og transformerede variable sammenholdt med de teoretiske udtryk for forskellige fordelinger.

4.2 Spatial korrelationsstruktur

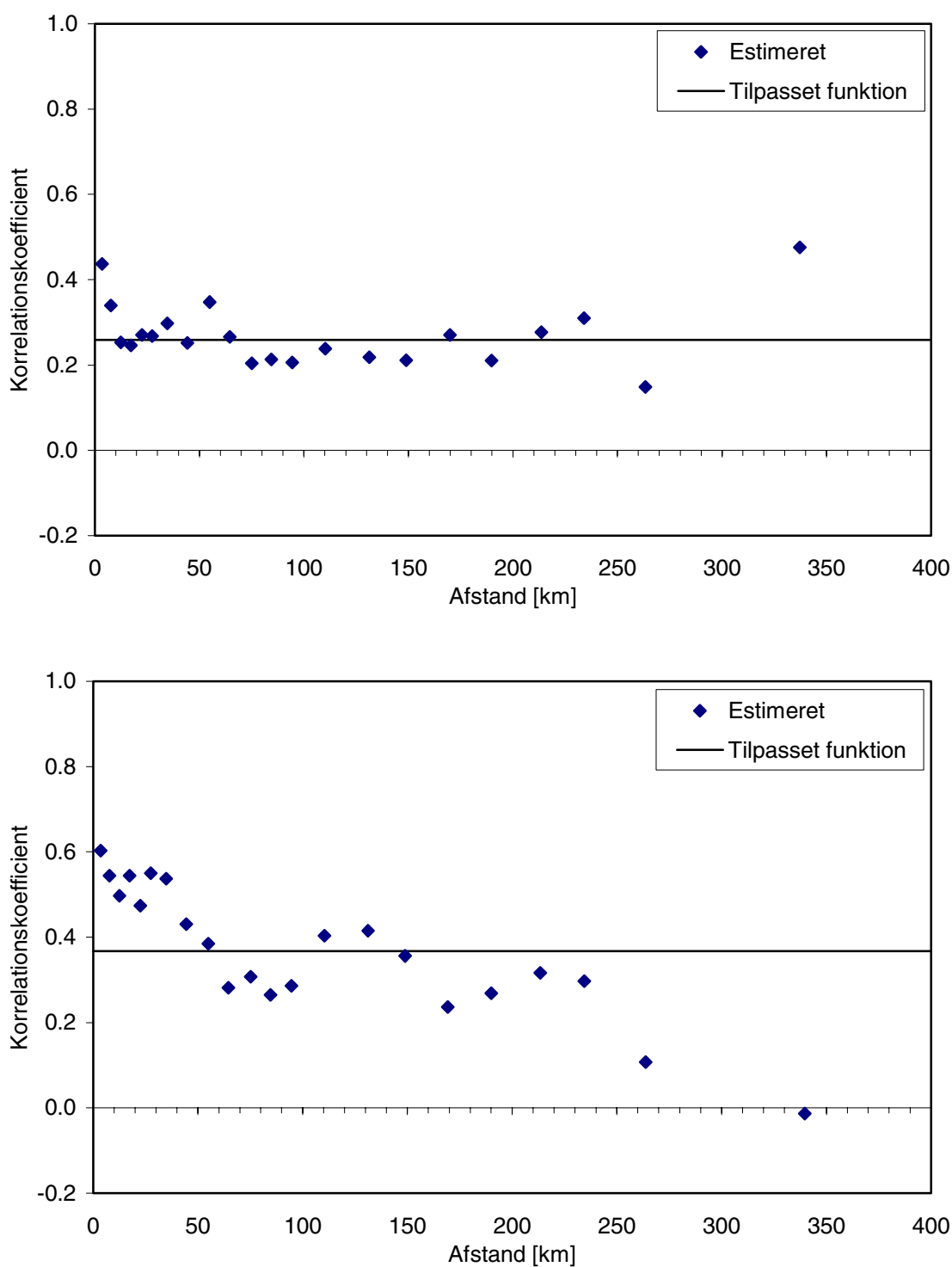
Til analyse af den regionale variabilitet af de 3 PDS parametre benyttes GLS regression. Ved estimation af regressionsligningen er det vigtigt at tage hensyn til de indbyrdes korrelationer mellem stationerne. To forskellige korrelationer betragtes, henholdsvis, korrelationen mellem overskridelsernes størrelse og korrelationen mellem antal årlige overskridelser.

Til estimation af den indbyrdes korrelation mellem 2 stationer benyttes proceduren beskrevet i Mikkelsen et al. (1996) og Madsen (1998). De beregnede korrelationskoefficienter relateres til afstanden mellem stationerne og middellokationen beregnes indenfor forskellige afstandsintervaller. Ved beregningen af korrelationen medtages kun de stationspar som har mere end 10 års sammenhørende data.

Eksempler på de beregnede korrelationer som funktion af afstanden er vist i Figur 4.4 og Figur 4.5. Med hensyn til korrelationen mellem overskridelserne ses en tydelig afstandsafhængighed. I dette tilfælde tilpasses de estimerede korrelationer med en eksponentialfunktion. For korrelationen mellem antal årlige overskridelser ses ingen tydelig afstandsafhængighed, om end der er en vis afhængighed for små afstande for især intensiteter med stor varighed (se Figur 4.5 nederst). De estimerede korrelationer tilpasses i dette tilfælde med en konstant funktion.



Figur 4.4 Spatial korrelationsstruktur for overskridelsernes størrelse for 10 min. intensiteten (øverst) og 24 timers intensiteten (nederst).

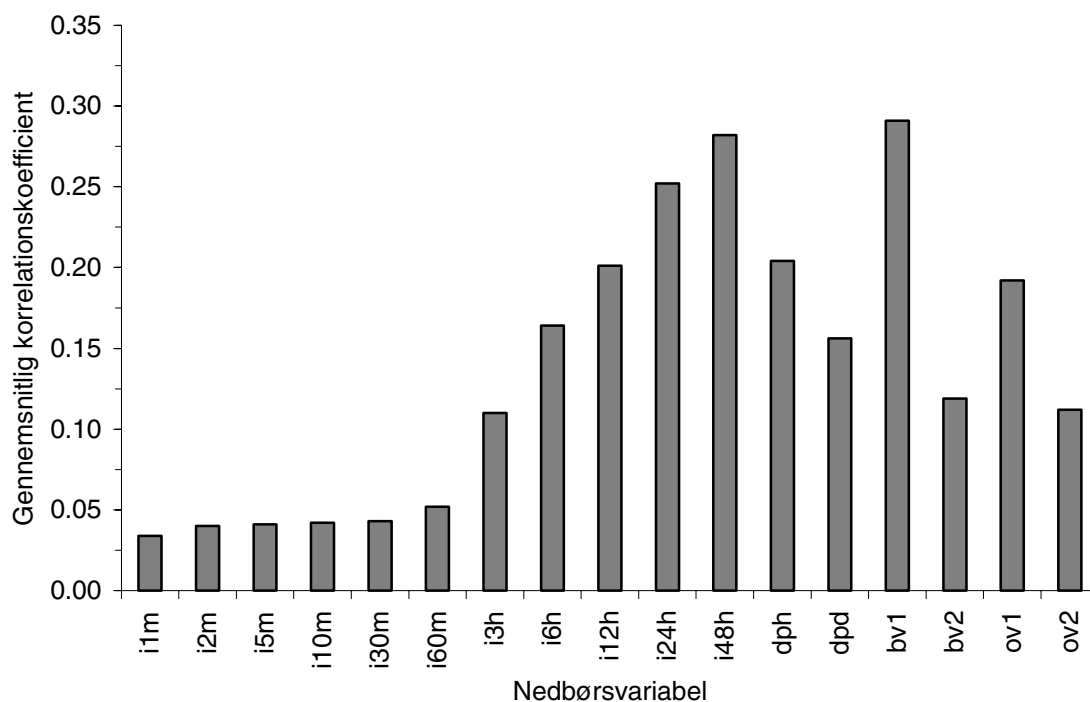


Figur 4.5 Spatial korrelationsstruktur for antal årlige overskridelser for 10 min. intensiteten (øverst) og 24 timers intensiteten (nederst).

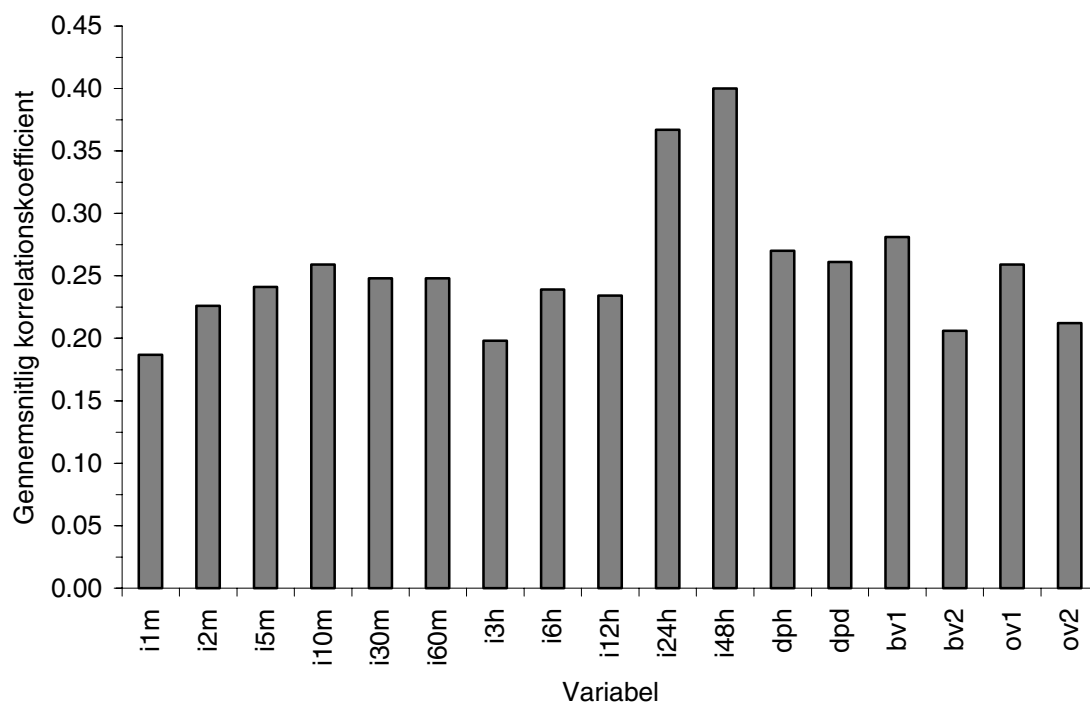
De gennemsnitlige korrelationer for de analyserede variable er vist i Figur 4.6 og Figur 4.7. Der er en større korrelation mellem overskridelsernes størrelse for intensiteter med større varighed og for bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal svarende til de karakteristiske spatiale udbredelser af konvektive regn og frontregn i Danmark. For



korrelationen mellem antal årlige overskridelser ses en tilsvarende tendens, om end i noget mindre grad.



Figur 4.6 Gennemsnitlig korrelationskoefficient for korrelationen mellem overskridelsernes størrelse.



Figur 4.7 Gennemsnitlig korrelationskoefficient for korrelationen mellem antal årlige overskridelser.

4.3 *Regional modellering af PDS parametre*

4.3.1 *Procedure*

GLS regression benyttes til analyse og beskrivelse af den regionale variation af de 3 PDS parametre. Først benyttes GLS modellen til at kvantificere den regionale variabilitet korrigeret for stikprøveusikkerheder og korrelation (regional middelværdi model). Såfremt variationen er signifikant er det næste skridt at prøve at forklare denne variabilitet ud fra relevante klimatiske og fysiografiske karakteristika, evt. kombineret med en geografisk opdeling af landet i subregioner.

De forklarende variable der er benyttet i regressionsanalysen fremgår af Tabel 4.3. Udover klimatiske og fysiografiske karakteristika er læindeks medtaget i analysen. Denne parameter afspejler lokal målefejl ved måleren, og giver derved et mål for den residuale usikkerhed grundet målefejl.

Tabel 4.3 Regressorer benyttet i GLS regressionsmodellen.

Klimatiske karakteristika:

- Årsmiddelnedbør for normalnedbørsperioden 1961-1990.

Fysiografiske karakteristika:

- Målerens højde over havet.
- Målerens geografiske placering (længdegrad, breddegrad).

Målerens næromgivelser:

- Læindeks, beregnet som middelværdien af højdevinklen målt i 8 retninger kompasrosen rundt. I tilfælde af at der foreligger flere målinger af højdevinklen gældende for forskellige perioder er gennemsnittet af disse benyttet.
-

4.3.2 *Gennemsnitlig antal årlige overskridelser*

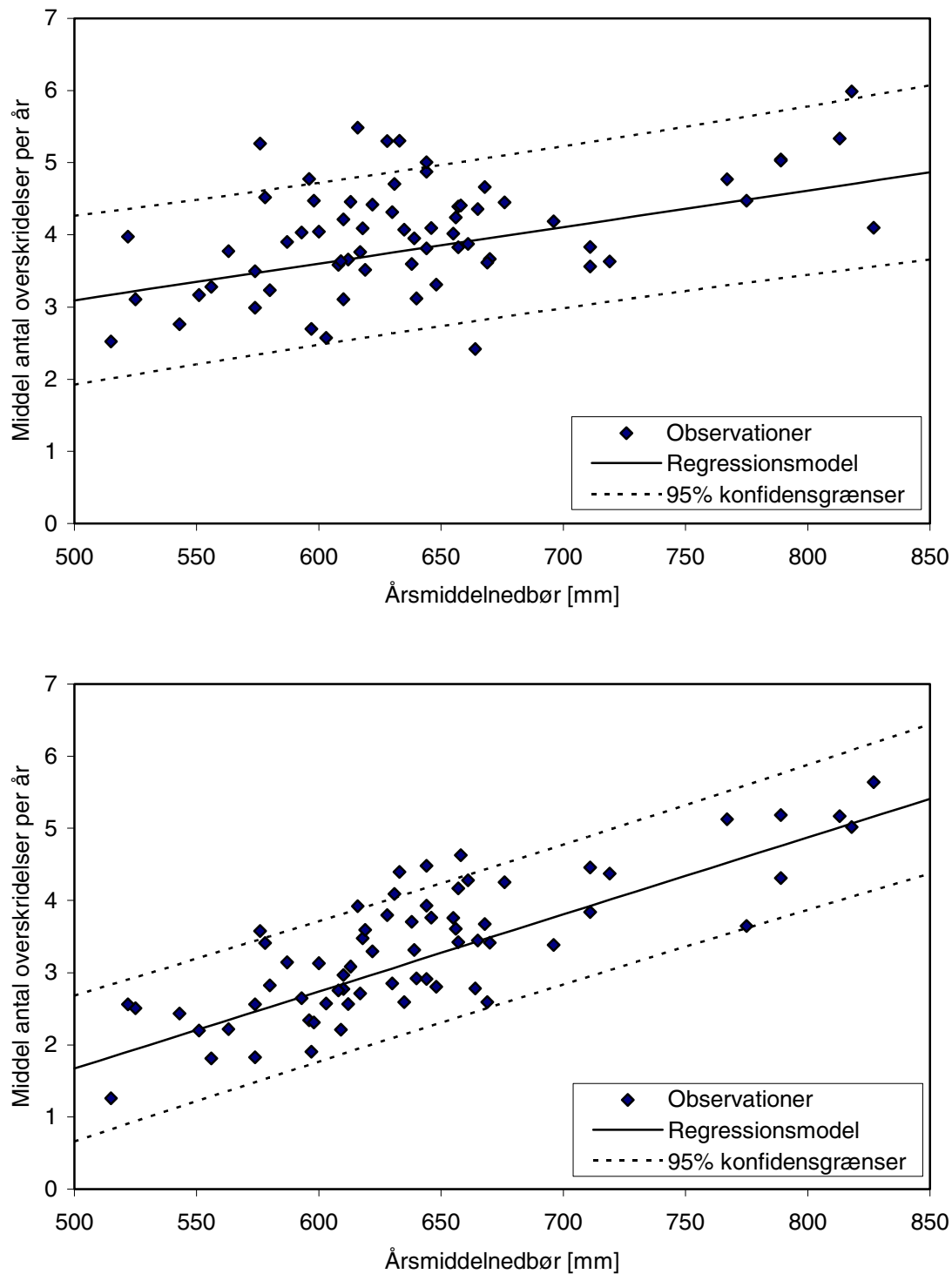
I skrift nr. 26 er det gennemsnitlige antal årlige overskridelser modelleret som en funktion af årsmiddelnedbøren. Regressionsligningerne angiver at der for steder med stor årsmiddelnedbør forekommer flere ekstreme hændelser.

I nærværende analyse udviser det gennemsnitlige antal årlige overskridelser en signifikant regional variabilitet for samtlige analyserede nedbørsvariable. En del af denne variabilitet kan, i overensstemmelse med den tidligere analyse, beskrives ved årsmiddelnedbøren. Det gennemsnitlige antal overskridelser per år er for samtlige variable en voksende funktion af årsmiddelnedbøren. Eksempler af regressionsmodellen er vist i Figur 4.8.

I Figur 4.9 er prediktionsvariansen for den regionale middelværdi model med konstant værdi i hele landet sammenholdt med den gennemsnitlige prediktionsvarians for regressionsmodellen med årsmiddelnedbøren. Denne figur viser hvor meget af den regionale variabilitet der kan forklares af årsmiddelnedbøren og derved formindske usikkerheden (prediktionsvariansen) på estimatet af det gennemsnitlige antal overskridelser i forhold til benyttelse af den samme værdi i hele landet. Regression med årsmiddelnedbøren giver den største forklaringsgrad (størst reduktion af prediktionsvariansen) for intensiteter for store varigheder, døgnnedbør og bassinvolumen med lille

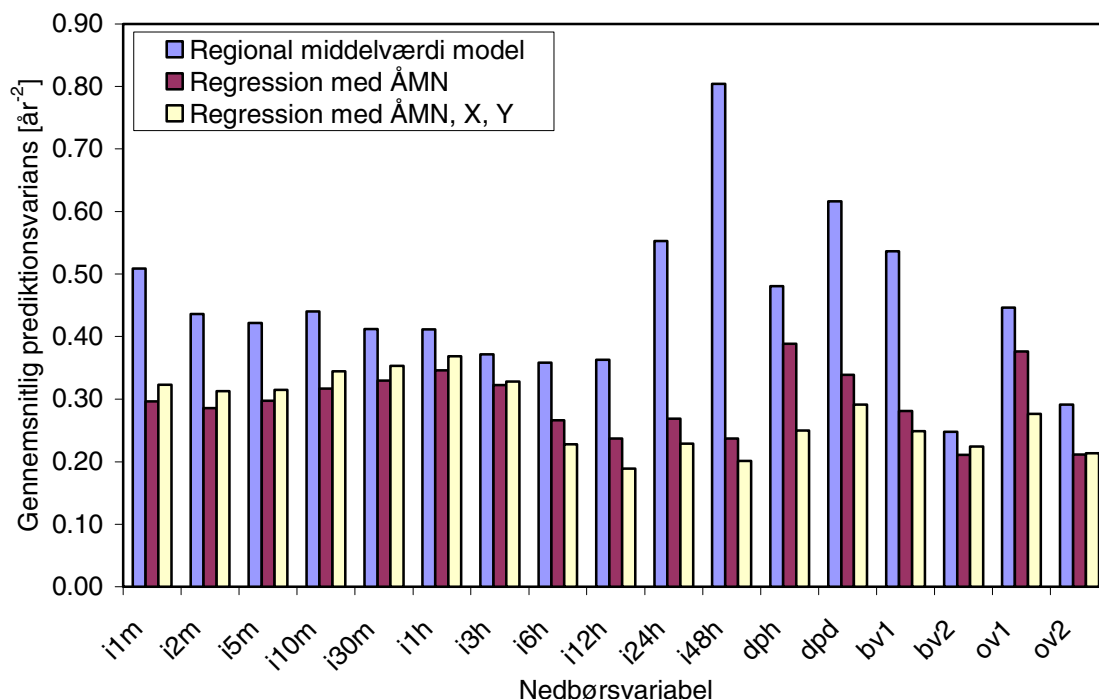


afløbstal. Reduktionen af variansen varierer fra 13% for 3 timers intensiteten til 70% for 48 timers intensiteten.



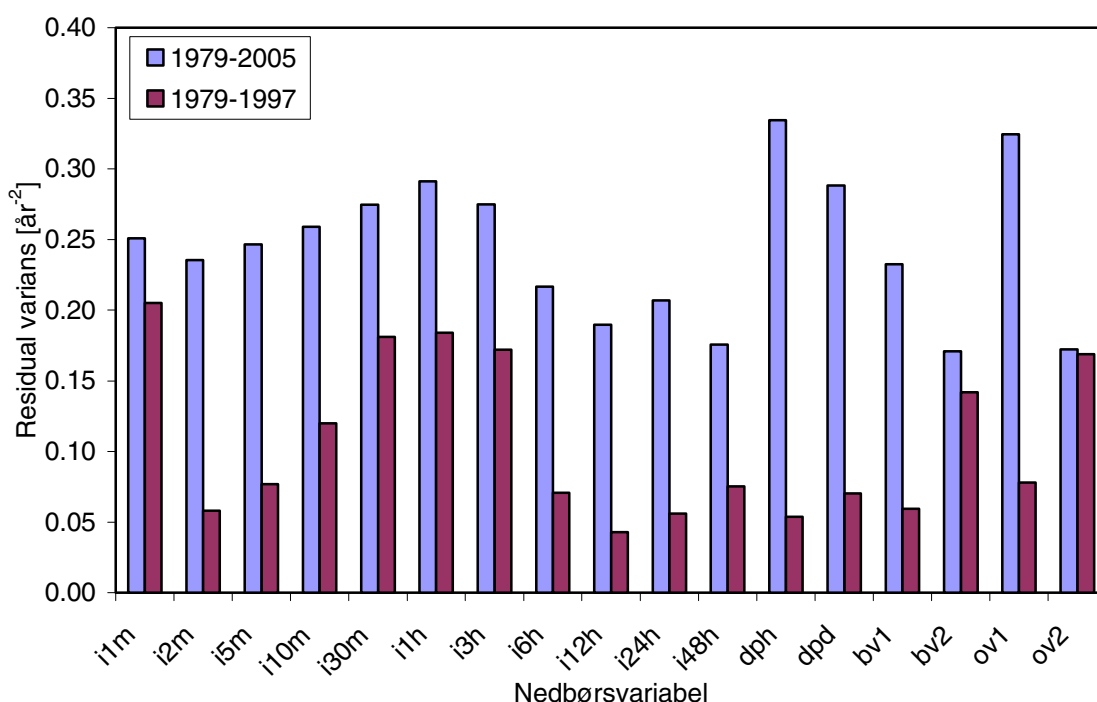
Figur 4.8 Regressionsmodel for gennemsnitlig antal overskridelser som funktion af årsmiddelnedbøren for 10 min. intensiteten (øverst) og 48 timers intensiteten (nederst) med tilhørende 95% konfidensinterval.

Regressionsanalysen viser desuden at der kan opnå en yderligere reduktion af prediktionsvariansen for nogle nedbørsvariable ved inddragelse af geografisk placering (længdegrad, breddegrad), se Figur 4.9. Dette er tilfældet for intensiteter med varighed over 6 timer, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. For regndybde og overløbsvolumen med lille afløbstal ses en betydelig reduktion af prediktionsvariansen ved medtagelse af geografisk placering i regressionsligningen, mens der for de øvrige variable kun ses en mindre reduktion. Det er vanskeligt at give denne korrelation en fysisk tolkning, og det er derfor besluttet at bibeholde regressionsmodellen der kun inddrager årsmiddelnedbøren.



Figur 4.9 Gennemsnitlig prediktionsvarians for forskellige regressionsmodeller: (1) regional middelværdi model, (2) regression med årsmiddelnedbør (ÅMN) og (3) regression med årsmiddelnedbør og geografisk placering (X, Y).

Sammenholdes med de tidligere resultater rapporteret i Madsen (1998, 2002) viser nærværende analyse for de fleste variable en betydelig større regional variabilitet af det gennemsnitlige antal overskridelser. Årsmiddelnedbøren kan i forhold til den tidligere analyse beskrive en mindre del af den regionale variabilitet (se Figur 4.10). Den residuale modelusikkerhed (residualvariansen fra GLS analysen med årsmiddelnedbøren) er i gennemsnit for de 17 analyserede variable 55% større i denne analyse end i den tidligere analyse. Dette dækker dog over en stor variabilitet, fra en relativ stigning i residualvariansen på 2% for overløbsvolumen for stort afløbstal til en relativ stigning på 84% for regndybden. For intensiteter med varigheder mellem 10 min. og 3 timer er stigningen på 34-54%

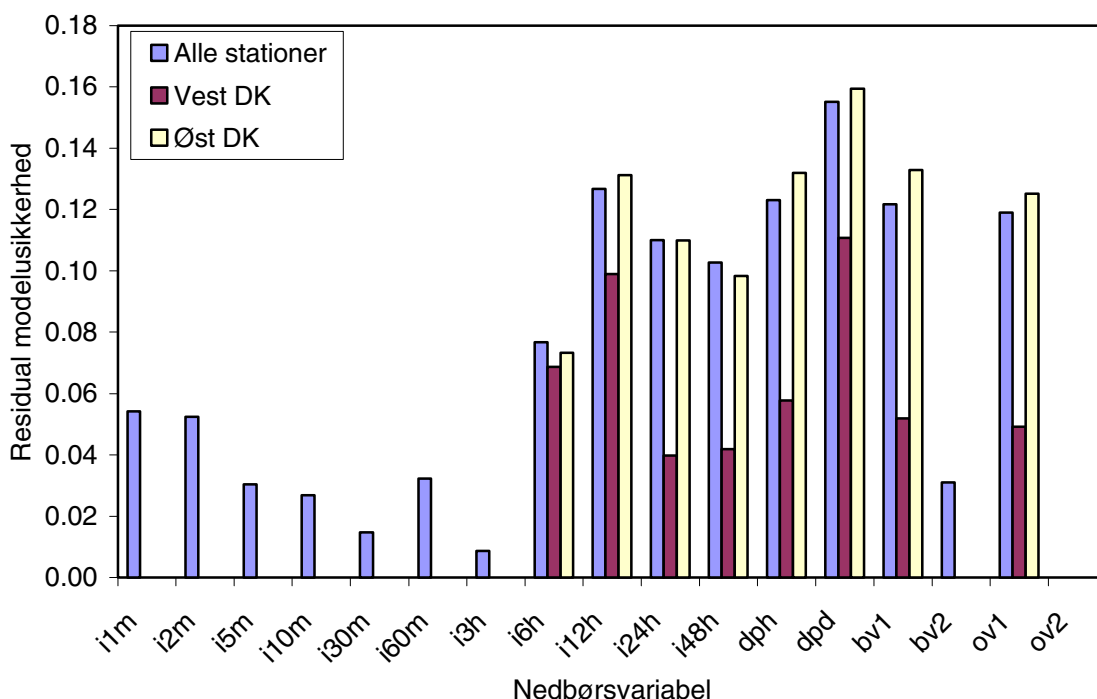


Figur 4.10 Den residuale modelusikkerhed fra regression med årsmiddelnedbøren baseret på nærværende datamateriale 1979-2005 og datamateriale benyttet i den tidligere analyse 1979-1997.

4.3.3 Middelloverskridelse

I skrift nr. 26 er middelloverskridelsen modelleret som et konstant niveau i hele landet for intensiteter med varighed på 1 time og derunder samt for bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal. For intensiteter med varighed på 3 timer og derover, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal opdeles landet i 3 subregioner: "Danmark udenfor København", "København øst" og "København vest". For 3, 6 og 12 timers intensiteten udgør "Danmark udenfor København" og "København øst" en samlet region. For de øvrige variable udgør "København øst" og "København vest" en samlet region.

Den residuale modelusikkerhed ved benyttelse af den regionale middelværdi model for middelloverskridelsen baseret på nærværende datamateriale er vist i Figur 4.11. Den residuale modelusikkerhed vist i figuren er et mål for den regionale variabilitet og er beregnet som kvadratroden af residualvariansen fra GLS analysen divideret med det regionale GLS estimat af middelloverskridelsen. Den regionale variabilitet er størst for intensiteter med stor varighed (større end 6 timer), regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. En enkelt variabel, overløbsvolumen for stort afløbstal, giver en residualvariens på 0 og indikerer derved regional homogenitet. For de øvrige variable benyttes GLS modellen til at undersøge potentialet for beskrivelse af variabiliteten ud fra de betragtede klimatiske og fysiografiske karakteristika.



Figur 4.11 Residual modelusikkerhed af middelloverskridelsen ved benyttelse af den regionale middelværdi model for henholdsvis (1) alle 66 stationer, (2) 24 stationer vest for Storebælt (vest DK) og (3) 42 stationer øst for Storebælt (Øst DK).

Ingen af de betragtede regressorer er i stand til på tilfredsstillende vis at beskrive den regionale variabilitet. For de variable der har betydelig regional variabilitet jvf. Figur 4.11 ses en tendens til højere middelloverskridelse i den østlige del af landet (se eksempel i Figur 4.12). I nærværende datamateriale ses dog ikke umiddelbart en "København effekt" som rapporteret tidligere. Med udgangspunkt i den observerede variabilitet af middelloverskridelsen og generelle trend fra vest mod øst er forskellige sub-regionale opdelinger analyseret. På baggrund af denne analyse foreslås en opdeling af landet i 2 subregioner, henholdsvis vest og øst for Storebælt. For at teste signifikansen af forskellen af middelloverskridelsen mellem de 2 subregioner er der foretaget et T-test. Resultatet af T-testet for de analyserede variable fremgår af Tabel 4.4. Der er en signifikant forskel af middelloverskridelsen på 5% niveau mellem de 2 subregioner for intensiteter med varigheder på 6 timer og derover, regndybde samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. For døgnnedbøren er forskellen signifikant på 7% niveau.

Resultatet af T-testet godtgør en signifikant forskel på middelloverskridelsen mellem de 2 subregioner for de variable der har den største regionale variabilitet jvf. Figur 4.11. For de 2 subregioner (svarende til 24 stationer vest for Storebælt og 42 stationer øst for Storebælt) er den regionale middelværdi model tilpasset. Den residuale modelusikkerhed for de 2 subregioner er vist i Figur 4.11. I forhold til den regionale middelværdi model for hele landet fås en betydelig reduktion af den residuale modelusikkerhed for regionen vest for Storebælt. For regionen øst for Storebælt er den residuale modelusikkerhed af samme størrelsesorden som for hele landet. Disse resultater bekræfter opdelingen af landet i de 2 subregioner. Resultaterne fra GLS analysen



godtgør at det ikke er muligt at beskrive variabiliteten indenfor de 2 subregioner ud fra de betragtede klimatiske og fysiografiske regressorer.

Tabel 4.4 Resultat af T-test for test af gennemsnitlig middelloverskridelse vest og øst for Storebælt. Negativ test statistik angiver at middelloverskridelsen er større øst for Storebælt. Markerede resultater angiver signifikans på 5% niveau.

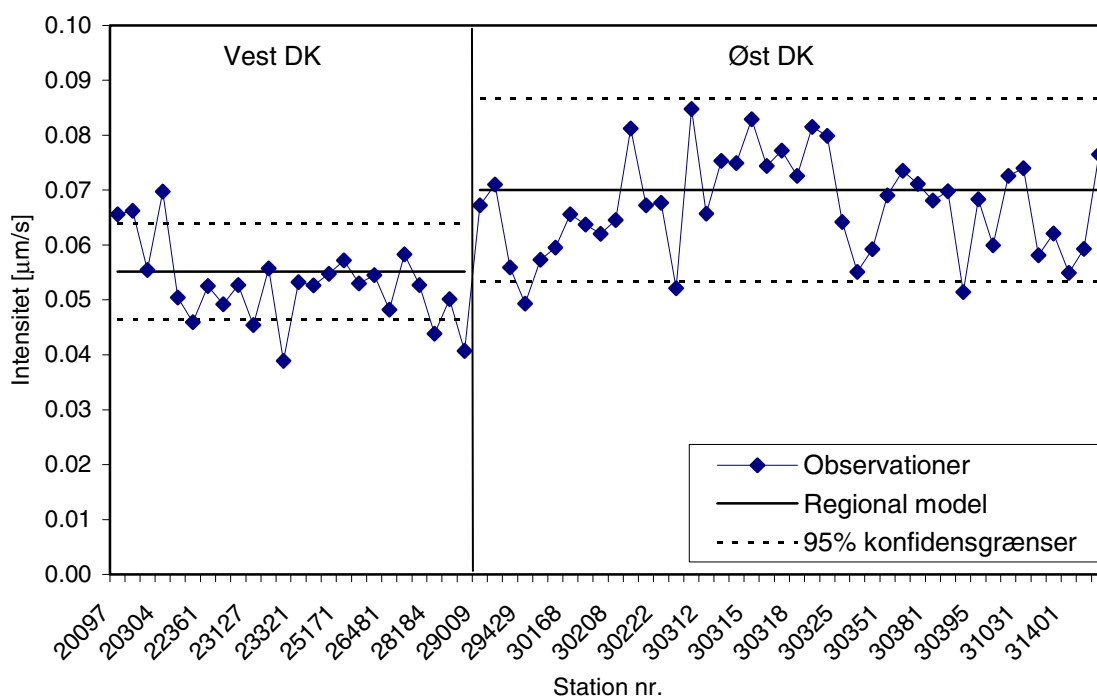
Variabel	Test statistik	Signifikansniveau [%]
1 min. intensitet	-0.59	55.5
2 min. intensitet	-0.65	51.6
5 min. intensitet	-1.70	9.6
10 min. intensitet	-0.40	69.2
30 min. intensitet	0.48	63.4
60 min. intensitet	-0.52	60.8
3 timers intensitet	-1.36	18.2
6 timers intensitet	-2.27	2.9
12 timers intensitet	-2.16	3.6
24 timers intensitet	-3.90	0.03
48 timers intensitet	-6.95	< 0.01
Regndybde	-4.37	< 0.01
Døgnedbør	-1.85	7.1
Bassinvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	-3.21	0.2
Bassinvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	-1.23	22.6
Overløbsvolumen, $a = 0.1 \mu\text{m/s}$	-4.03	0.02
Overløbsvolumen, $a = 1.0 \mu\text{m/s}$	-1.63	11.2

Den regionale model for middelloverskridelsen baseres derfor på følgende:

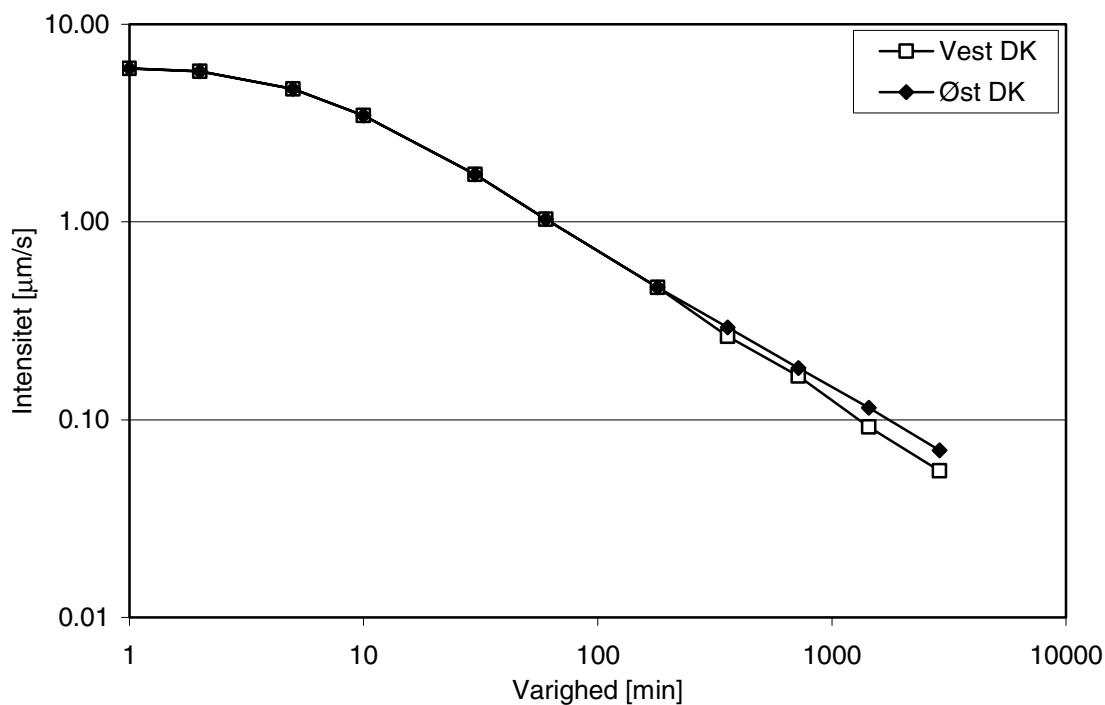
- For intensiteter med varigheder under 6 timer samt bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal benyttes den samme middelloverskridelse i hele landet.
- For intensiteter med varigheder på 6 timer og derover, regndybde, døgnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal benyttes forskellig middelloverskridelse øst og vest for Storebælt.

De nedbørsvariable der blev modelleret med en subregional opdeling i den tidligere analyse er de samme variable der opdeles i nærværende analyse med undtagelse af 3 timers intensiteten. I den tidligere analyse blev der påvist en betydelig regional variabilitet for 3 timers intensiteten med et signifikant højere niveau i regionen "København vest" end i resten af landet. I nærværende analyse ses imidlertid at den regionale variabilitet af middelloverskridelsen for 3 timers intensiteten er meget lille (se Figur 4.11).

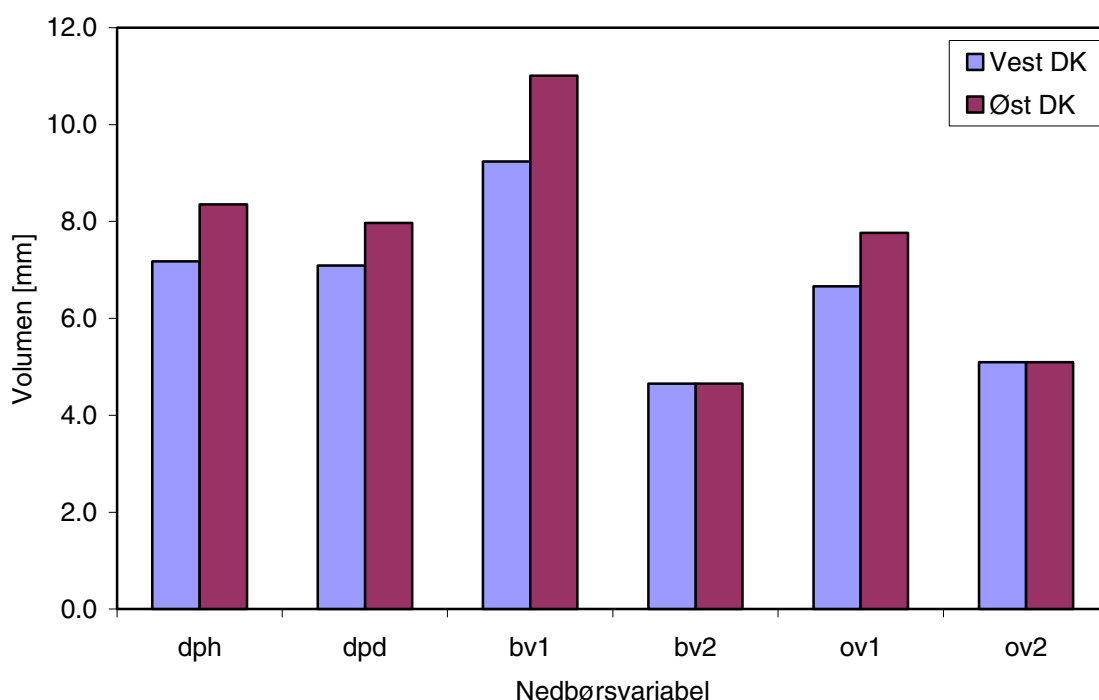
Et eksempel på den resulterende regionale model med subregional opdeling er vist for 48 timers intensiteten i Figur 4.12. Estimerede middelloverskridelser for de analyserede variable er vist i Figur 4.13 og Figur 4.14.



Figur 4.12 Regressionsmodel for middelloverskridelsen med tilhørende 95% konfidensinterval for 48 timers intensiteten som funktion af den subregionale opdeling.



Figur 4.13 Estimeret middelloverskridelse for intensiteter.



Figur 4.14 Estimeret middelloverskridelse for volumen og transformerede variable.

Sammenholdes med de tidligere resultater rapporteret i Madsen (1998, 2002) ses følgende. For de variable der kan regnes konstant i hele landet er GLS estimatet af middelloverskridelsen af størrelsesordenen 2-9% større. For 1, 2, 5 min. og 3 timers intensiteter samt bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal er prediktionsvariansen mindre (fra 1% for bassinvolumen med stort afløbstal til 88% for 5 min. intensiteten). For 10, 30 og 60 min. intensiteten er prediktionsvariansen større (8-72%). Resultater fra regionen "Vest Danmark" kan sammenholdes med resultater for regionen "Danmark udenfor København" i den tidligere analyse. For 6 og 12 timers intensiteten, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal er GLS estimatet af middelloverskridelsen større (1-3%), mens det er mindre for 24 og 48 timers intensiteten (2-5%). Mht. prediktionsvariansen er der en betydelig mindre varians for 6 og 12 timers intensiteten samt døgnnedbør (83-227%), mens variansen er større for de øvrige variable (4-25%). Resultater fra regionen "Øst Danmark" kan sammenholdes med resultater fra region "København" i den tidligere analyse. For samtlige variable er GLS estimatet af middelloverskridelsen mindre (7-22%) og prediktionsvariansen mindre (4-66%). Det skal dog bemærkes at resultater fra subregionerne ikke direkte kan sammenlignes da de to analyser er baseret på forskellig subregional opdeling.

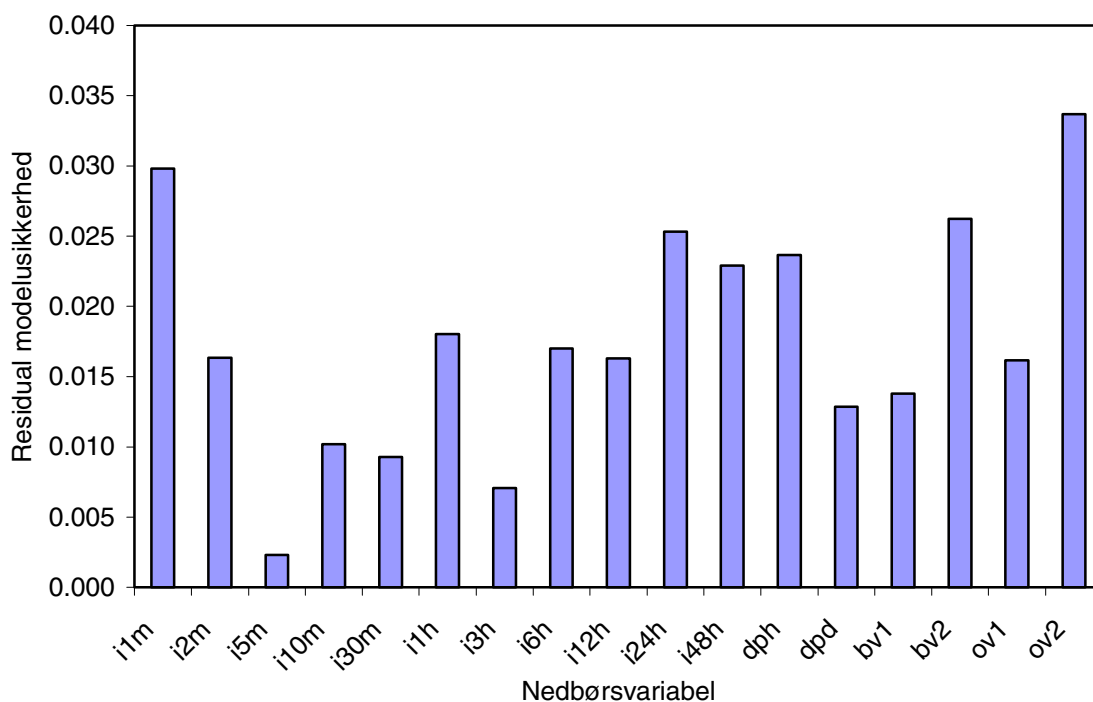
4.3.4 Formparameter

I skrift nr. 26 er formparameteren i den regionale GP fordeling modelleret som et konstant niveau i hele landet. Formparameteren κ er relateret til L-CV (τ_2) ved

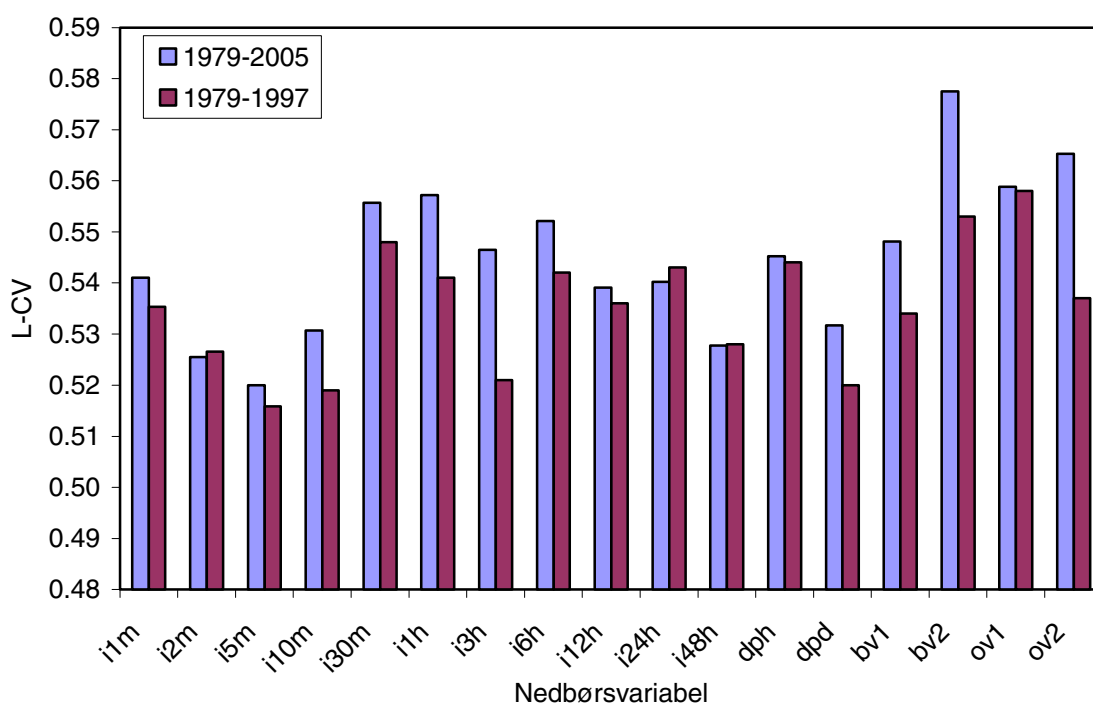
$$\kappa = \frac{1}{\tau_2} - 2 \quad (4.1)$$

Den residuale modelusikkerhed (beregnet som kvadratroden af residualvariansen fra GLS analysen) ved benyttelse af den regionale middelværdi model for L-CV baseret på nærværende datamateriale er vist i Figur 4.15. Der er størst regional variabilitet af L-CV for 1 min. intensiteten og overløbsvolumen med stort afløbstal i overensstemmelse med resultaterne fra L-moment analysen. Ingen af de benyttede regressorer er i stand til at forklare den residuale model usikkerhed. Estimationen baseres derfor på den regionale middelværdi model, dvs. L-CV og derved formparameteren i den benyttede GP fordeling antages konstant i hele landet.

De estimerede L-CV for de analyserede variable er vist i Figur 4.16 og sammenlignet med estimer fundet i den tidligere analyse. For 2 min., 24 timer og 48 timer intensiteterne er de nye estimater lidt mindre end de tidligere estimater, hvorimod for alle øvrige variable er estimaterne større. Et større estimat af L-CV betyder at ekstremværdierne stiger kraftigere end hidtil når gentagelsesperioden øges. Sammenholdes prediktionsvariansen med den tidligere analyse ses en mindre varians for 2 min., 5 min., 3 timer og 48 timers intensiteten, døgngnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal (14-95%). For de øvrige variable er der en større varians (6-360%).



Figur 4.15 Residual modelusikkerhed af L-CV.



Figur 4.16 GLS estimat af L-CV baseret på nærværende datamateriale 1979-2005 og datamateriale benyttet i den tidligere analyse 1979-1997.

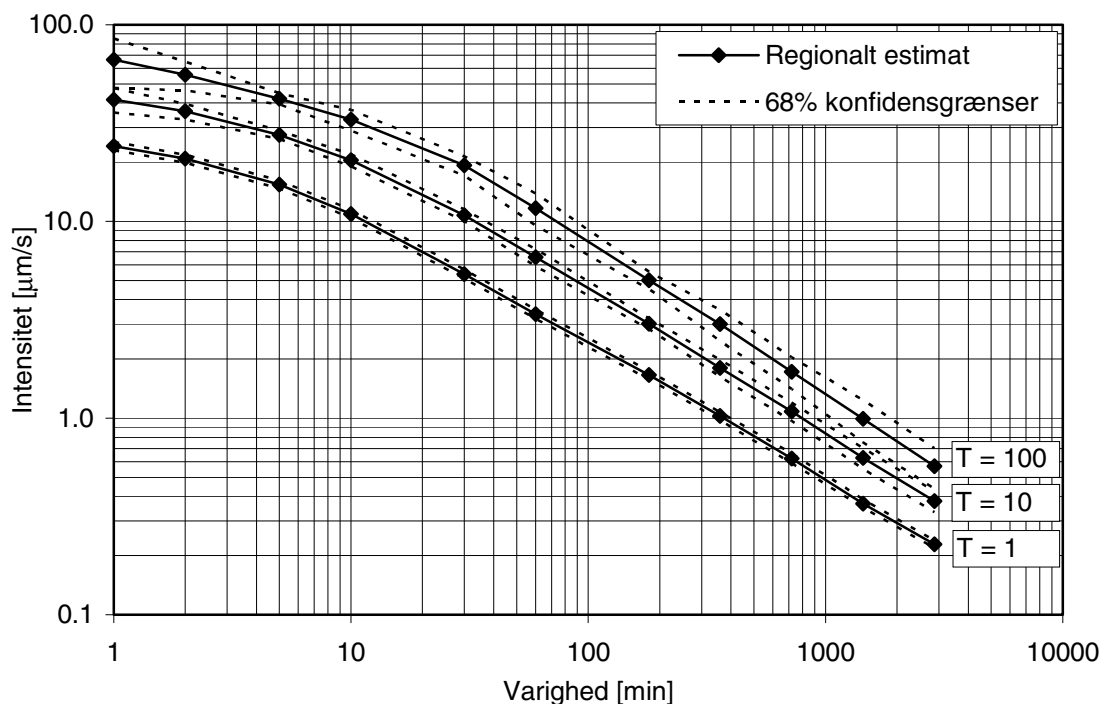
5 ANVENDELSE AF REGIONAL MODEL

5.1 Regional estimation af T -års hændelser

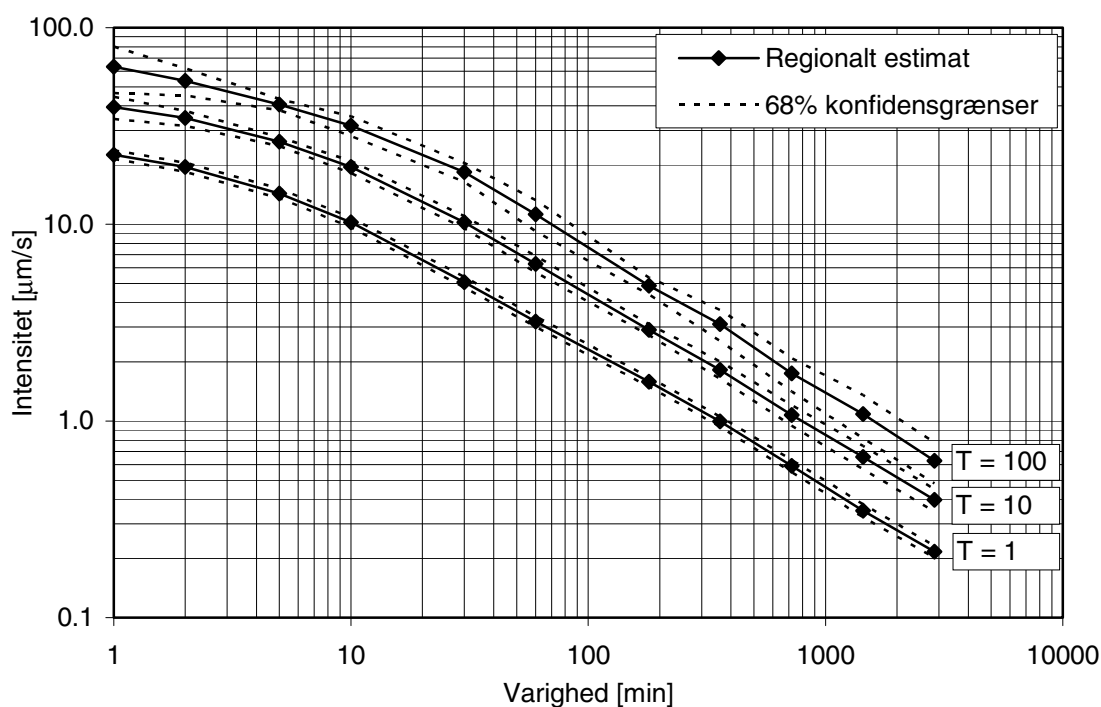
Ud fra de regionale modeller af PDS parametrene kan T -års hændelser og tilhørende prediktionsusikkerheder bestemmes for de 17 analyserede variable på enhver lokalitet i Danmark med given årsmiddelnedbør og placering (vest eller øst for Storebælt). Beregningsproceduren er beskrevet i Bilag A, hvor de relevante formler og parameterverdier er angivet. De to regneark der blev udgivet sammen med skrift nr. 26 er blevet opdateret med de nye resultater givet i Bilag A og er udgivet som version 3.0.

Eksempler på estimerede regnkurver og tilhørende prediktionsusikkerheder er vist i Figur 5.1 og Figur 5.2 for to lokaliteter i region "Vest Danmark" og region "Øst Danmark" med årsmiddelnedbør på henholdsvis 750 og 600 mm. På figurerne er angivet 68% konfidensintervaller svarende til ± 1 gange spredningen (kvadratroden af prediktionsvariansen fundet ved GLS regression).

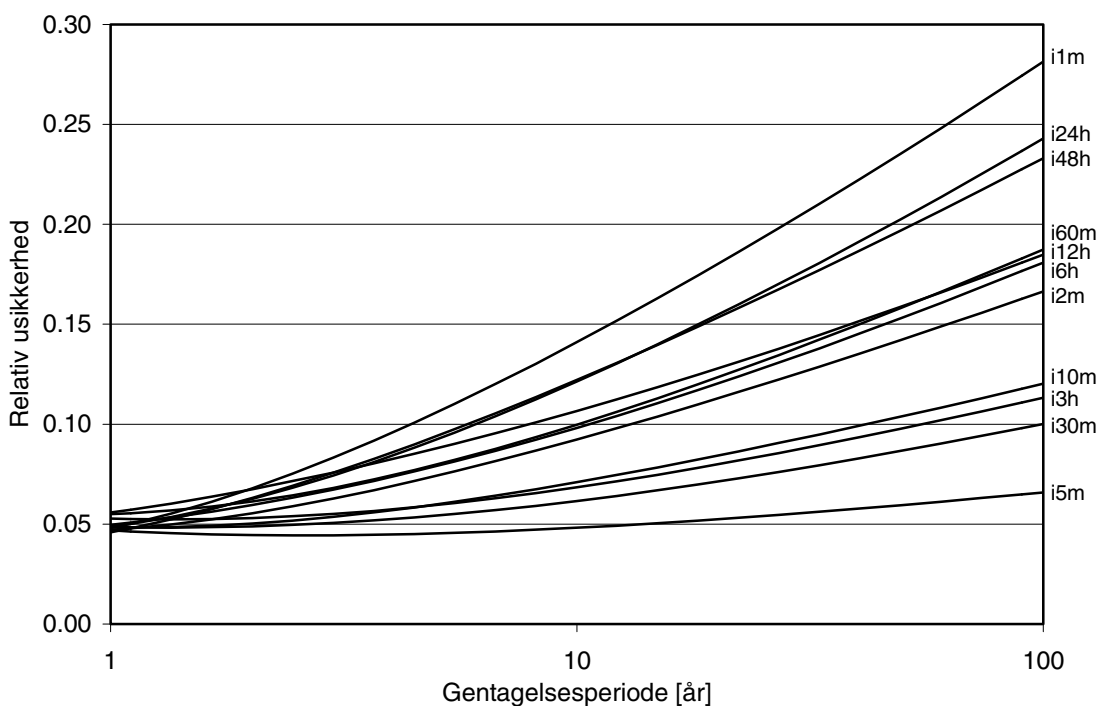
I Figur 5.3 og Figur 5.4 er den relative prediktionsusikkerhed (beregnet som kvadratroden af prediktionsvariansen divideret med T -års estimatet) vist for de analyserede intensiteter. Der er en forholdsvis stor variationsbredde af usikkerheden for de analyserede variable, hvilket afspejler forklaringsgraden af den regionale variabilitet af PDS parametrene i de regionale modeller. Umiddelbart er der ingen entydig sammenhæng mellem varighed og usikkerhedens størrelse. 1 min. intensiteten og intensiteter med varigheder på 6 timer og derover har generelt de største usikkerheder.



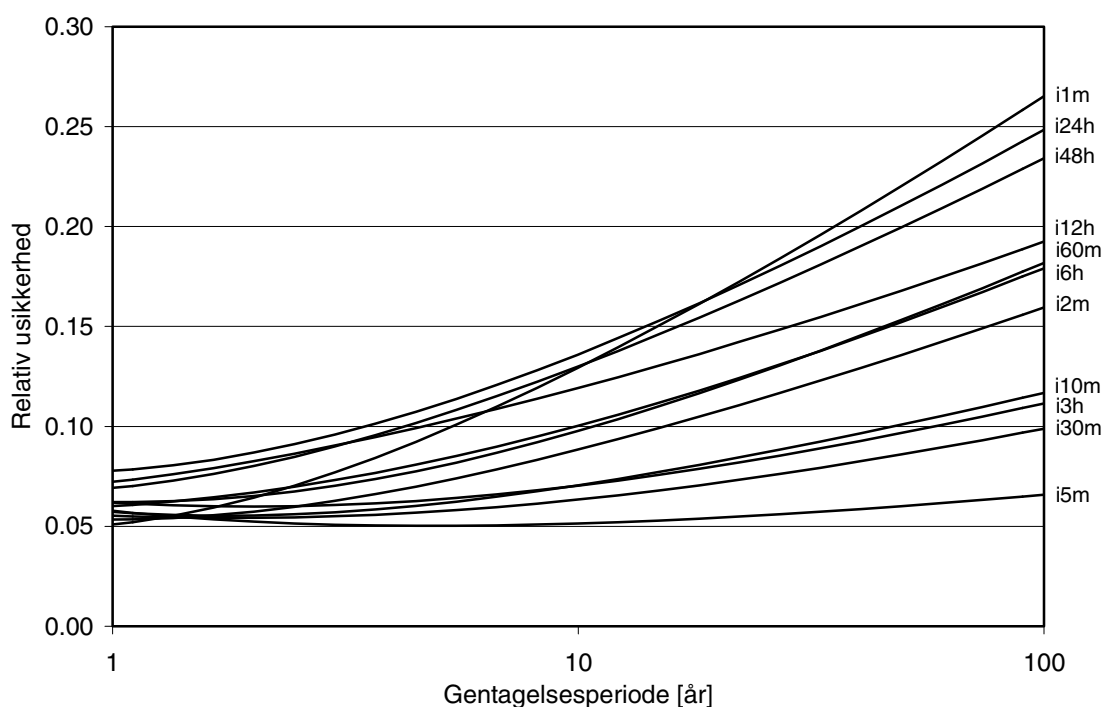
Figur 5.1 Regionalt estimat af T -års intensiteter med tilhørende 68% konfidensintervaller for $T = 1, 10, 100$ år i region "Vest Danmark" med årsmiddelnedbør på 750 mm.



Figur 5.2 Regionalt estimat af T-års intensiteter og tilhørende 68% konfidensintervaller for T = 1, 10, 100 år i region "Øst Danmark" med årsmiddelnedbør på 600 mm.



Figur 5.3 Relativ prediktionsusikkerhed af regionalt estimat af de analyserede intensiteter. Resultaterne er baseret på estimation i region "Vest Danmark" med en årsmiddelnedbør på 750 mm.



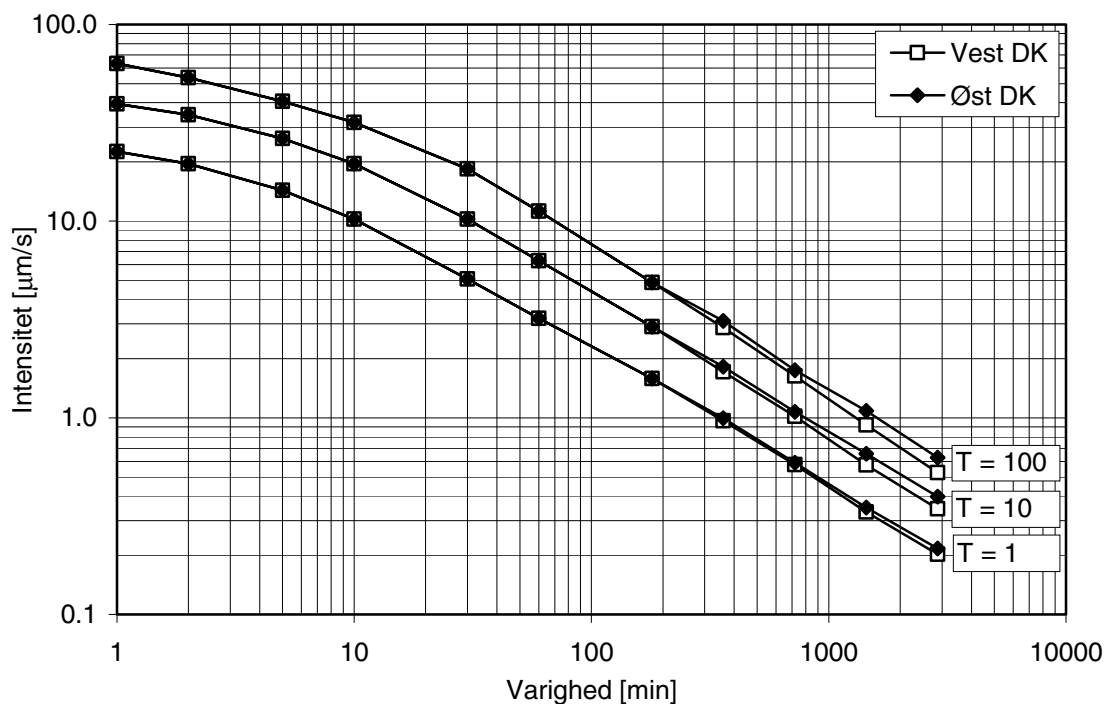
Figur 5.4 Relativ prediktionsusikkerhed af regionalt estimat af de analyserede intensiteter. Resultaterne er baseret på estimation i region "Øst Danmark" med en årsmiddelnedbør på 600 mm.

5.2 Regional variation af T -års hændelser

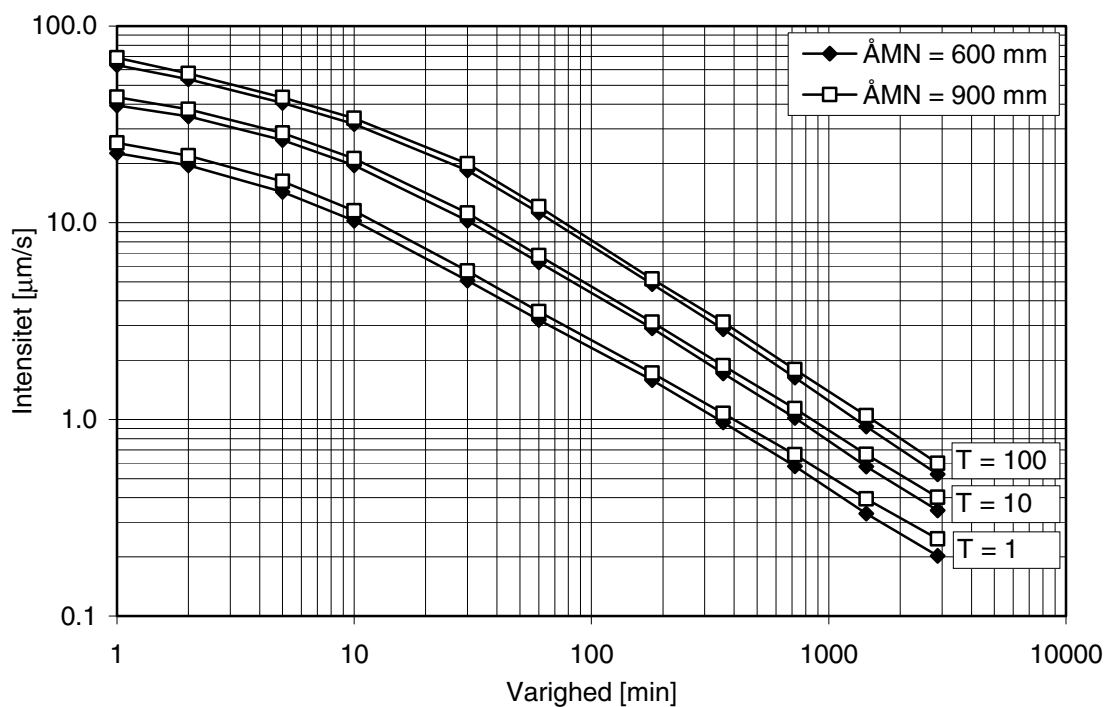
Effekten af forskellig middelloverskridelse for estimation af regnkurver i de 2 subregioner er vist i Figur 5.5. For intensiteter på varigheder på 6 timer og derover fås generelt et højere T -års estimat i regionen "Øst Danmark". Forskellen mellem de to subregioner er større jo større gentagelsesperiode der betragtes.

Effekten af forskellig årsmiddelnedbør for estimation af regnkurver er vist i Figur 5.6. I figuren er den estimerede regnkurve for regionen "Vest Danmark" vist for to forskellige årsmiddelnedbør på henholdsvis 600 og 900 mm svarende til variabiliteten af årsmiddelnedbøren i regionen. T -års estimatet er en voksende funktion af årsmiddelnedbøren, og den relative effekt er størst for store varigheder. Sammenholdes Figur 5.5 og Figur 5.6 for varigheder på 6 timer og derover ses, at variabiliteten grundet årsmiddelnedbøren er større end variabiliteten grundet den subregionale opdeling af middelloverskridelsen for mindre gentagelsesperioder, mens den subregionale variabilitet har størst effekt for større gentagelsesperioder.

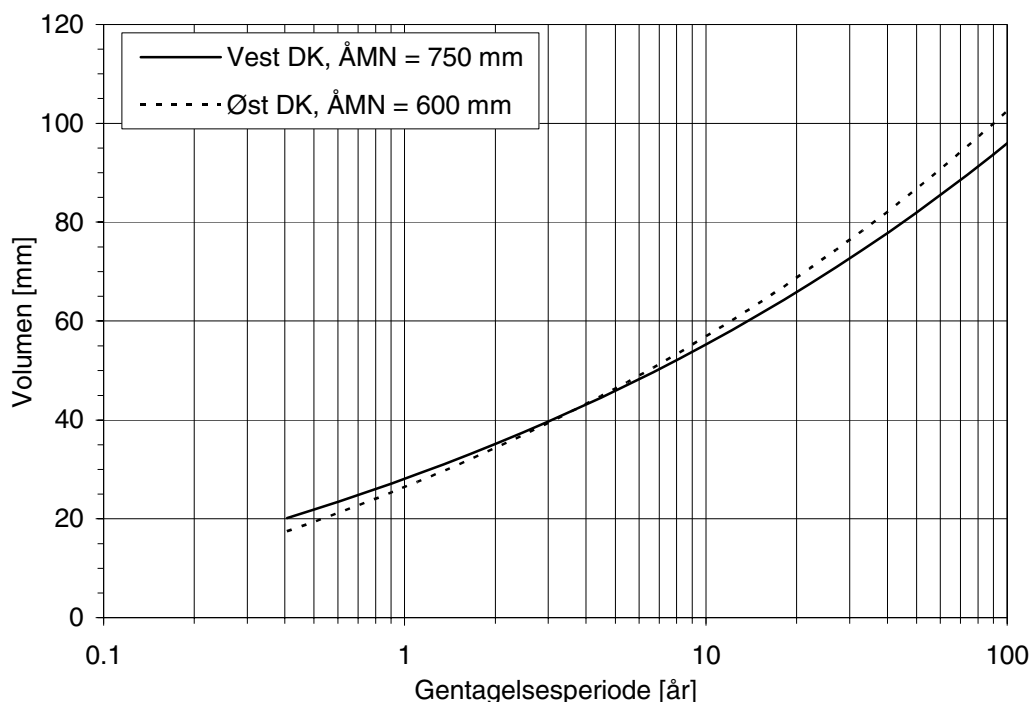
De analyserede volumen- og transformerede variable udviser samme karakteristika som de analyserede intensiteter. For de variable der opdeles i de 2 subregioner mht. middelloverskridelsen (regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal) fås et højere T -års estimat i regionen "Øst Danmark" end i "Vest Danmark". Tilsvarende fås et højere T -års estimat for voksende årsmiddelnedbør. Idet årsmiddelnedbøren generelt er højere i vest Danmark kompenseres imidlertid de to effekter til en vis grad. Et eksempel er vist i Figur 5.7 for bassinvolumen med lille afløbstal.



Figur 5.5 Regionalt estimat af T -års intensiteter for $T = 1, 10, 100$ år i de 2 subregioner for en årsmiddelnedbør på 600 mm.



Figur 5.6 Regionalt estimat af T -års intensiteter for $T = 1, 10, 100$ år i region "Vest Danmark" for årsmiddelnedbør (ÅMN) på henholdsvis 600 og 900 mm.

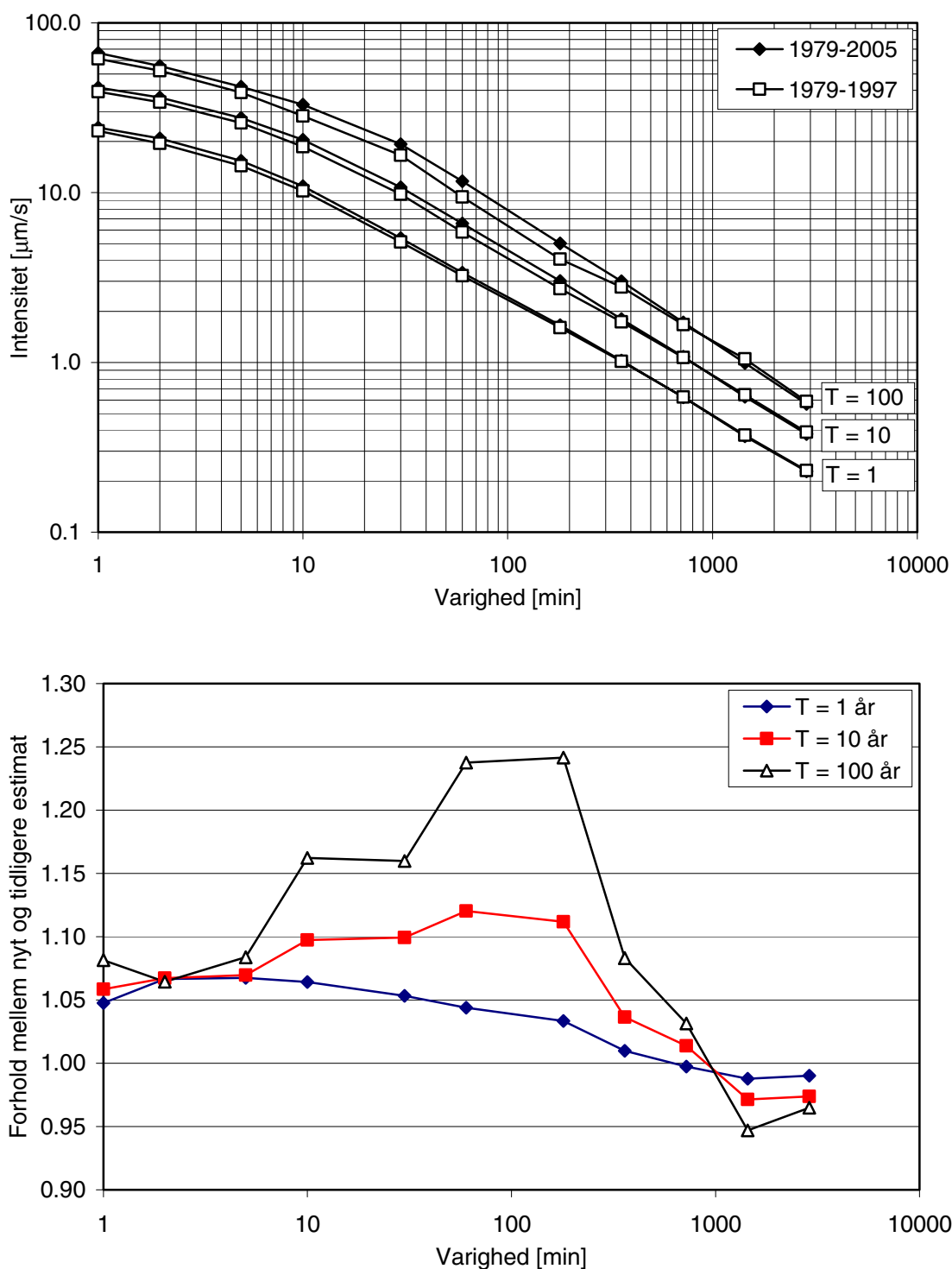


Figur 5.7 Regionalt estimat af bassinvolumen for afløbstal på $a = 0.1 \mu\text{m/s}$ i de 2 subregioner for årsmiddelnedbør (ÅMN) på henholdsvis 750 mm (Vest Danmark) og 600 mm (Øst Danmark).

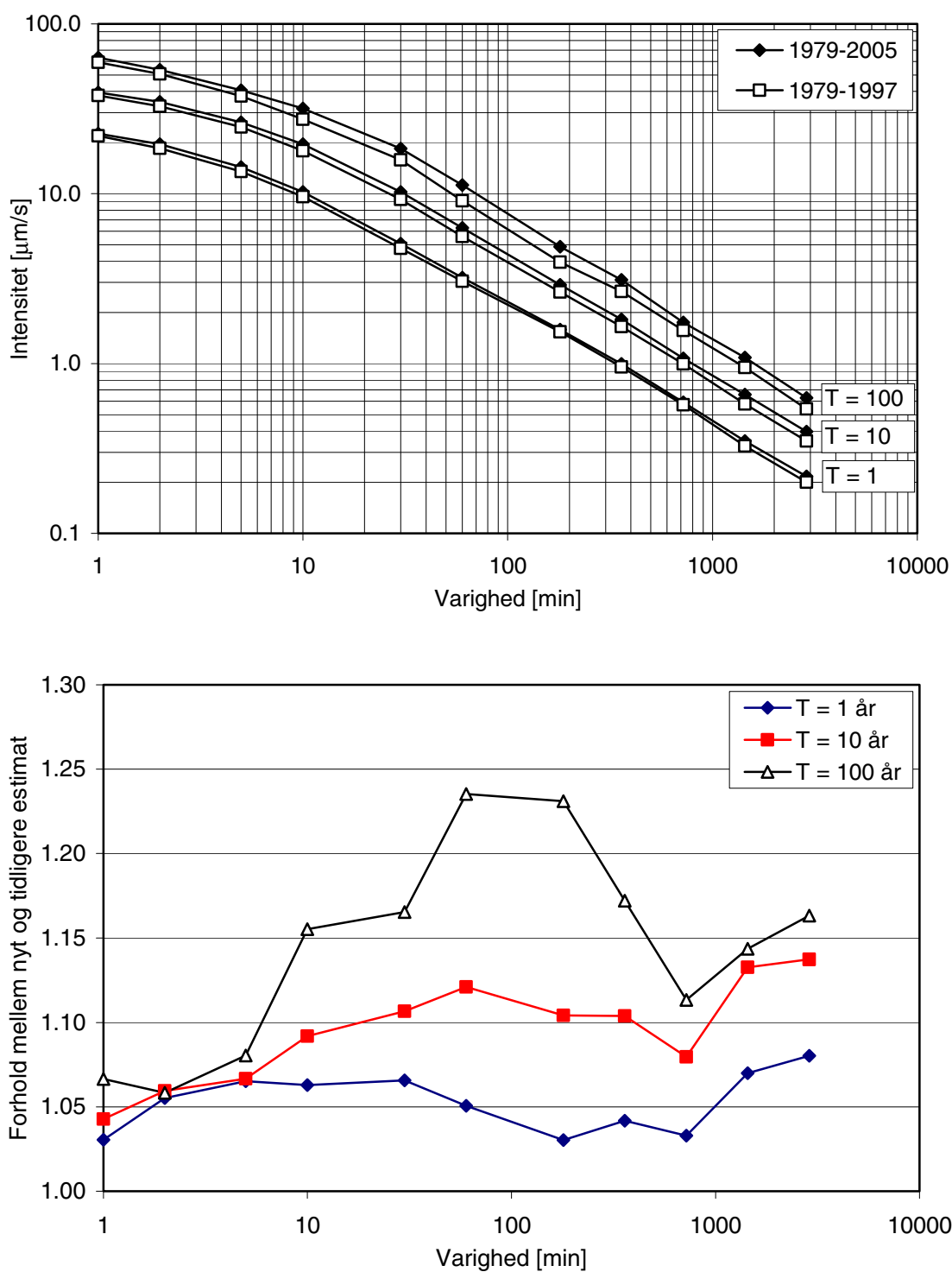
5.3 Sammenligning med skrift nr. 26

Sammenligninger af regionale T -års intensiteter baseret på den regionale model udviklet i dette projekt og den regionale model der danner grundlag for skrift nr. 26 er vist i Figur 5.8 - Figur 5.11. Idet den subregionale opdeling af middelloverskridelsen er forskellig i de to regionale modeller, sammenlignes de regionale estimater på 4 forskellige lokaliteter:

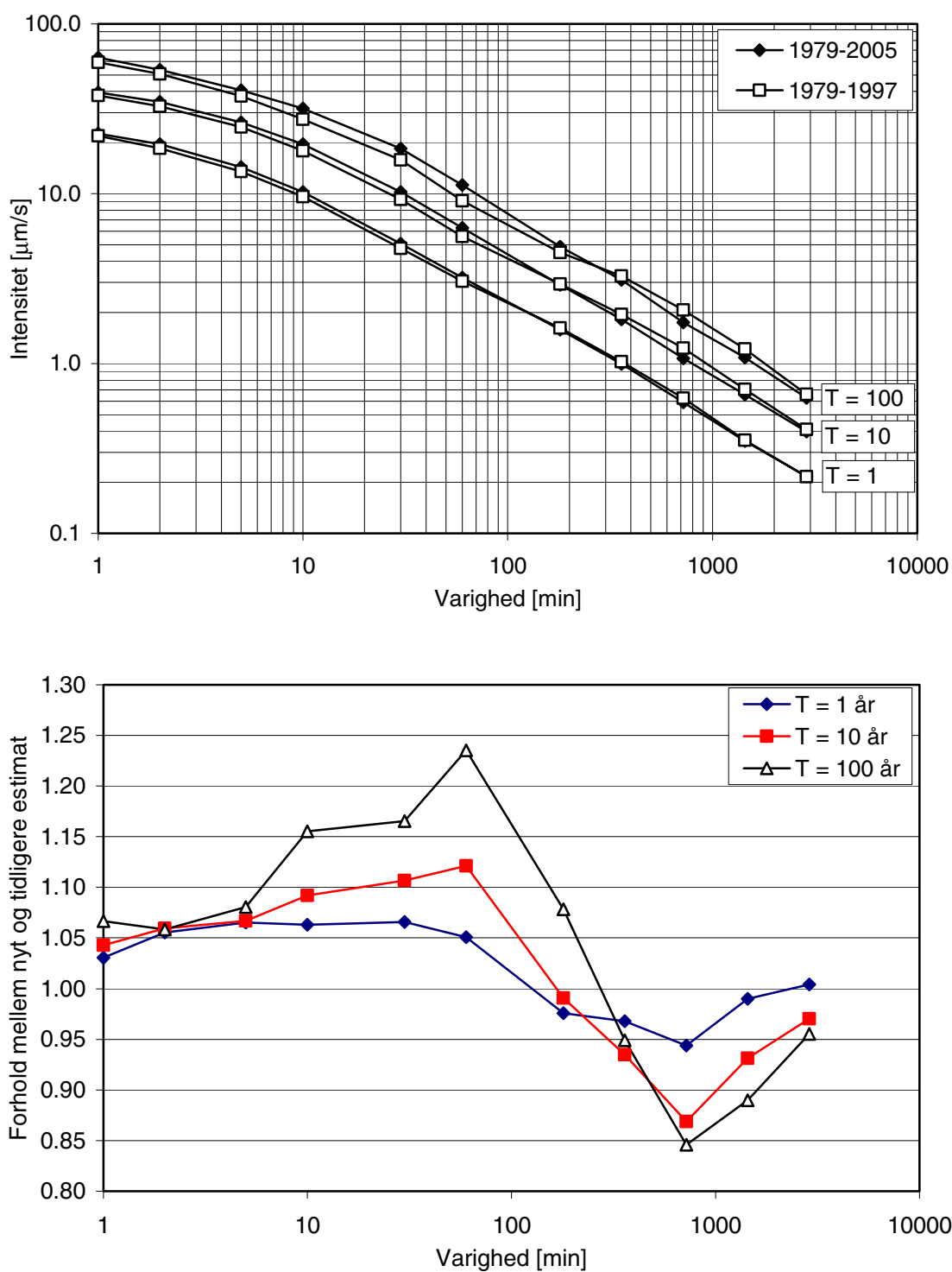
- Lokalitet vest for Storebælt med en årsmiddelnedbør på 750 mm. Lokaliteten tilhører regionen "Vest Danmark" i nærværende model og regionen "Danmark udenfor København" i skrift nr. 26.
- Lokalitet øst for Storebælt, udenfor København med en årsmiddelnedbør på 600 mm. Lokaliteten tilhører regionen "Øst Danmark" i nærværende model og regionen "Danmark udenfor København" i skrift nr. 26.
- Lokalitet i København vest med en årsmiddelnedbør på 600 mm. Lokaliteten tilhører regionen "Øst Danmark" i nærværende model og regionen "København vest" i skrift nr. 26.
- Lokalitet i København øst med en årsmiddelnedbør på 600 mm. Lokaliteten tilhører regionen "Øst Danmark" i nærværende model og regionen "København øst" i skrift nr. 26.



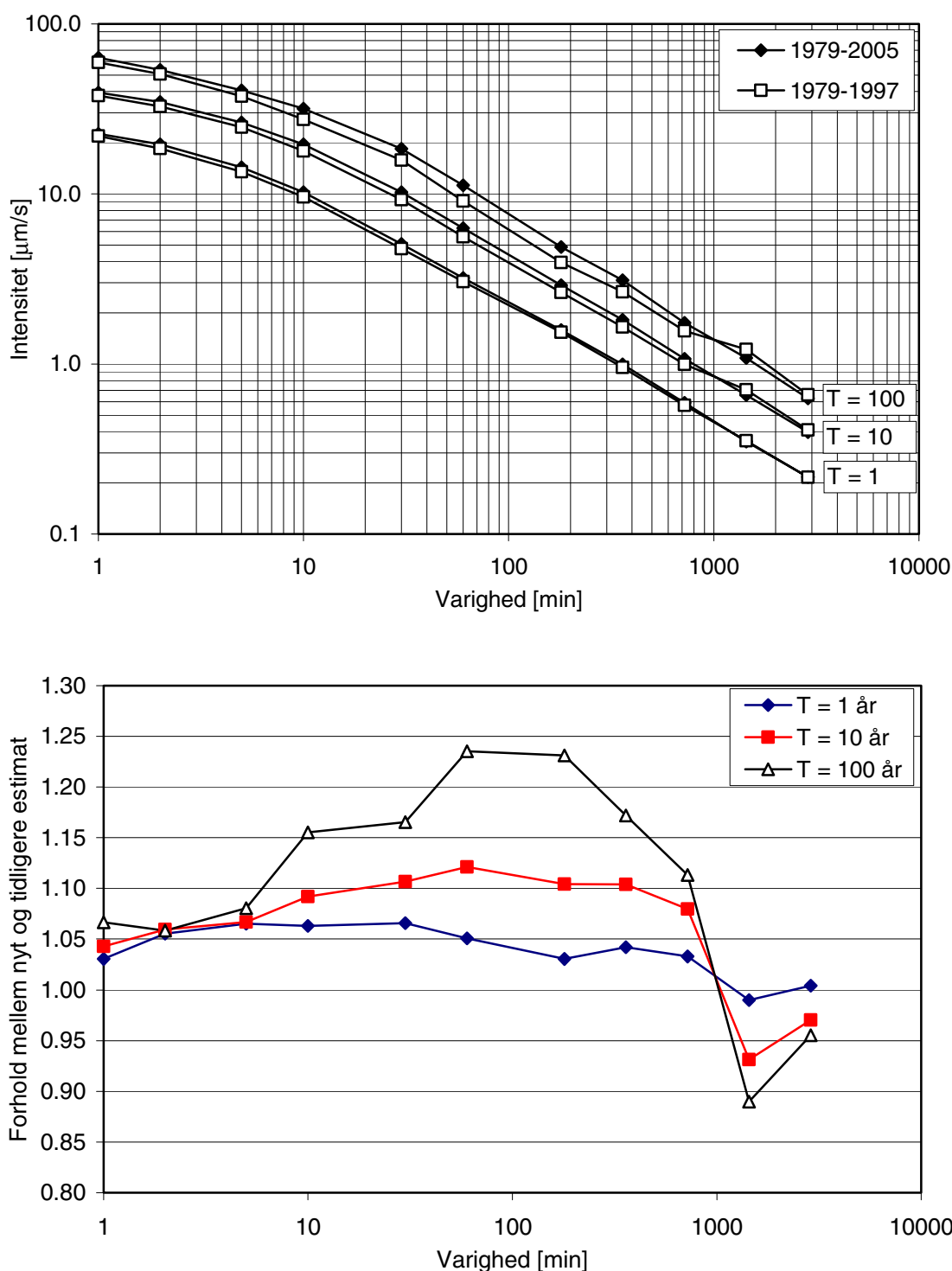
Figur 5.8 Regionalt estimat af T -års intensiteter på lokalitet vest for Storebælt med årsmiddelnedbør på 750 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).



Figur 5.9 Regionalt estimat af T -års intensiteter på lokalitet øst for Storebælt og udenfor København med årsmiddelnedbør på 600 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).



Figur 5.10 Regionalt estimat af T -års intensiteter på lokalitet i København vest med årsmiddelnedbør på 600 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).



Figur 5.11 Regionalt estimat af T -års intensiteter på lokalitet i København øst med årsmiddelnedbør på 600 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).

For lokalitet vest for Storebælt (Figur 5.8) er T -års intensiteten for varigheder på 6 timer og derunder større i forhold til estimatet baseret på skrift nr. 26, og forskellen er større jo større gentagelsesperiode der betragtes. Den største forskel ses for 1 og 3 timers intensiteten hvor det nye beregningsgrundlag giver omkring 12% større intensiteter for



10-års hændelsen og omkring 24 % for 100-års hændelsen. For varigheder over 6 timer er forskellen mellem de 2 estimater mindre. For 24 og 48 timers intensiteten giver den nye beregning lidt mindre T -års intensiteter.

For lokalitet øst for Storebælt, udenfor København (Figur 5.9) er T -års intensiteten større for samtlige varigheder. For varigheder under 6 timer ses samme stigninger i T -års intensiteten som for lokalitet vest for Storebælt. For varigheder på 6 timer og derover ses en betydelig stigning grundet den nye subregionale inddeling. For lokalitet i København vest (Figur 5.10) er T -års intensiteten større for varigheder under 6 timer, mens den er mindre for varigheder på 6 timer og derover. For lokalitet i København øst (Figur 5.11) er T -års intensiteten større for varigheder under 24 timer og mindre for større varigheder. Samlet set må det konkluderes, at den regionale model baseret på de nye data generelt giver et større T -års estimat af intensiteten på nær i Københavnsområdet for store varigheder.

For at kvantificere signifikansen af stigningerne af de dimensionsgivende intensiteter, er forskellen mellem de regionale T -års estimater sammenholdt med prediktionsusikkerheden. Følgende størrelse er beregnet:

$$S = \frac{\hat{z}_T^N - \hat{z}_T^G}{\sqrt{0.5(Var\{\hat{z}_T^N\} + Var\{\hat{z}_T^G\})}} \quad (5.1)$$

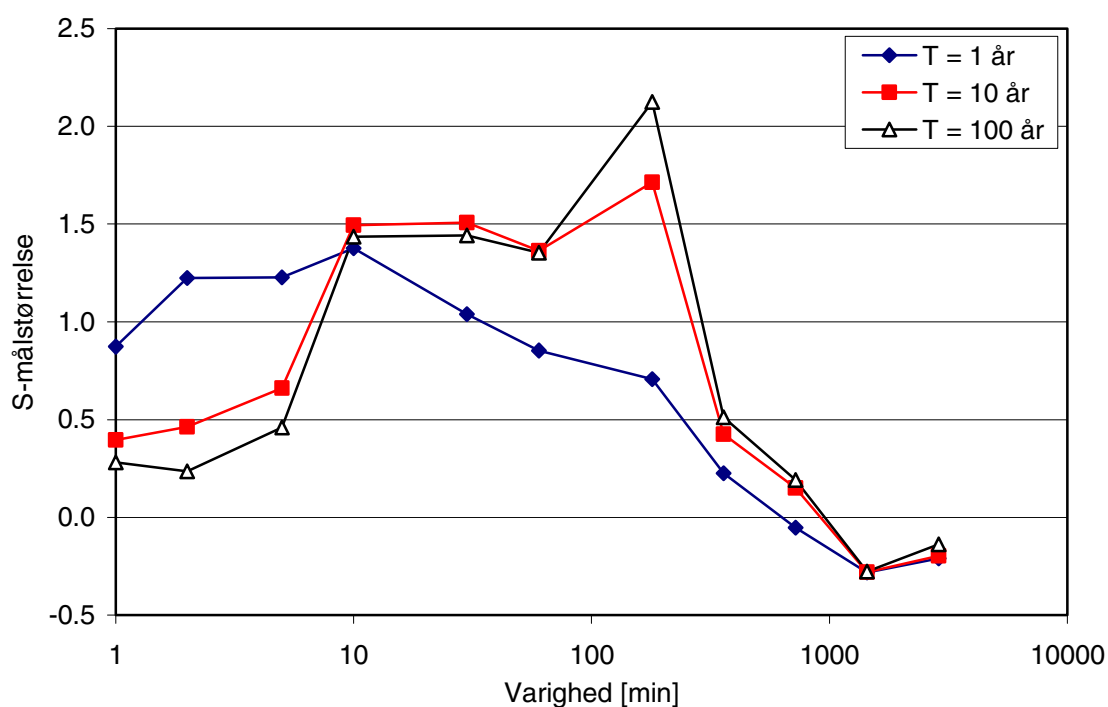
hvor $\hat{z}_T^G$ og $\hat{z}_T^N$ er det regionale T -års estimat baseret på data i, henholdsvis, perioden 1979-1997 og 1979-2005.

$Var\{\hat{z}_T^G\}$ og $Var\{\hat{z}_T^N\}$ er prediktionsvariansen af det regionale T -års estimat baseret på data i, henholdsvis, perioden 1979-1997 og 1979-2005.

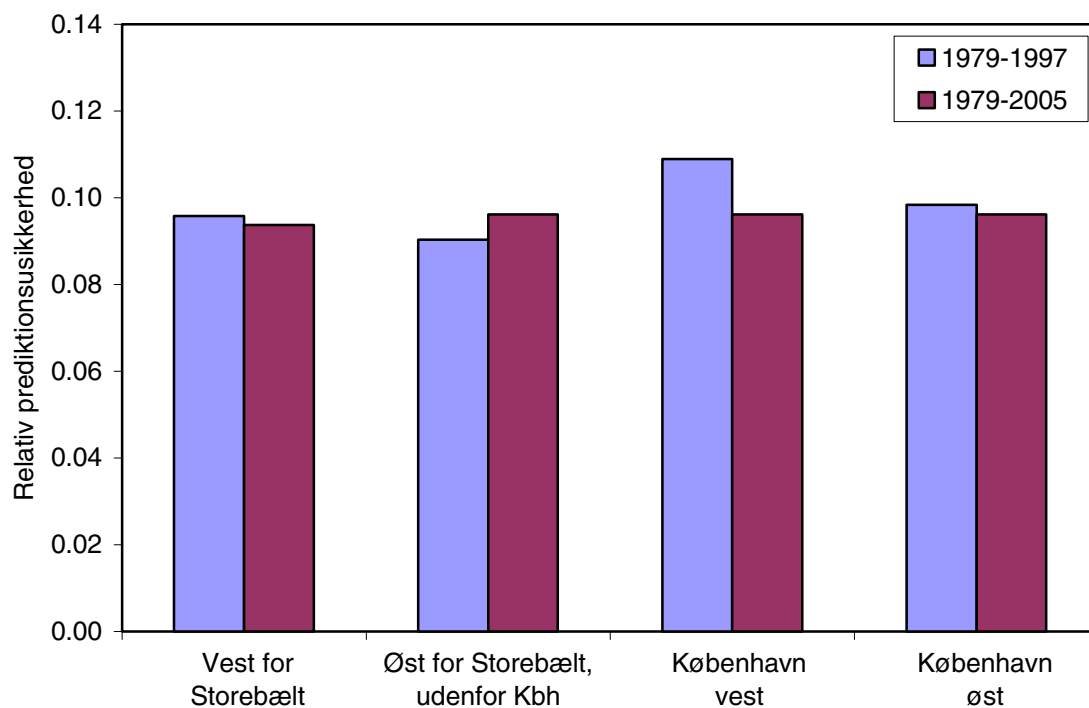
Målstørrelsen S kan fortolkes statistisk ved sammenligning med fraktilerne i en standard normalfordeling, tilsvarende U -målstørrelsen beskrevet i Afsnit 6.

Målstørrelsen for de analyserede intensiteter for forskellige gentagelsesperioder er vist i Figur 5.12 for lokalitet vest for Storebælt. De mest signifikante forskelle ses for varigheder mellem 10 min og 3 timer for større gentagelsesperioder, hvor målstørrelsen svarer til en fraktil på over 90%. For varigheder under 10 min og over 6 timer er forskellen mellem de 2 regionale estimater mindre signifikant og ligger generelt mellem 30 og 70% fraktilerne. Generelt må det derfor konkluderes at forskellene ligger indenfor de usikkerheder modellen giver, og det ikke statistisk set kan påvises at der er tale om en signifikant stigning.

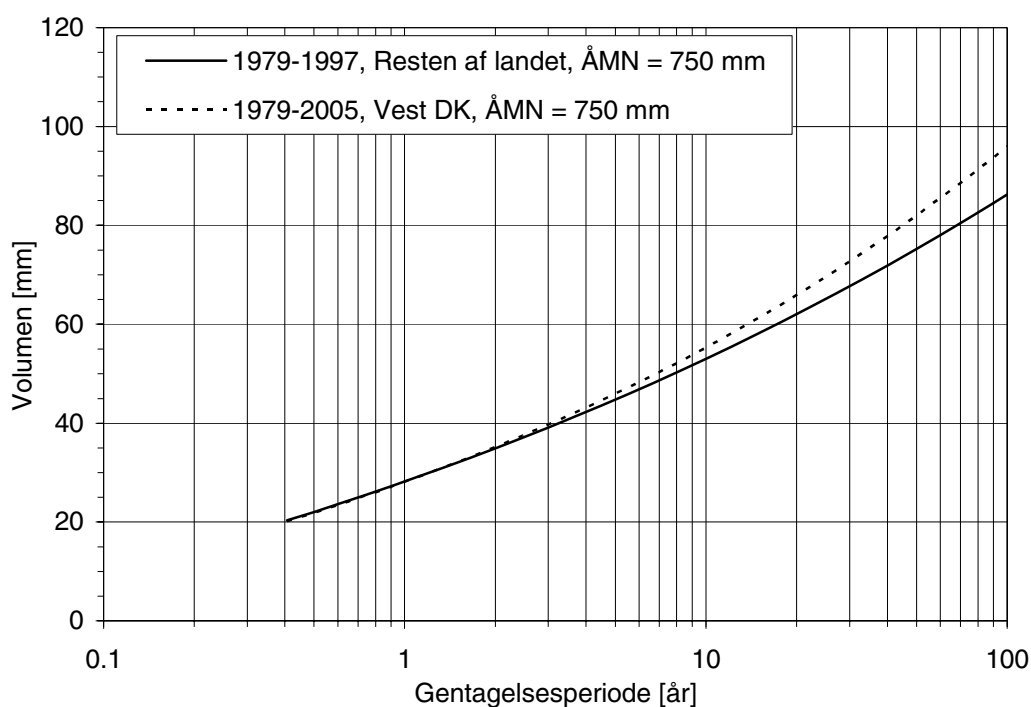
Med hensyn til prediktionsusikkerheden er der forholdsvis stor variation for de forskellige varigheder (se Figur 5.3 og Figur 5.4), hvilket også var tilfældet i den tidligere analyse. Sammenholdes de to analyser for hver varighed ses dog ikke noget entydigt billede. For nogle varigheder er prediktionsusikkerheden formindsket, mens det modsatte er tilfældet for andre varigheder. I Figur 5.13 er den gennemsnitlige relative prediktionsusikkerhed over samtlige varigheder vist for de 4 lokaliteter beskrevet ovenfor. Der er ikke den store forskel på den gennemsnitlige usikkerhed mellem de to regionale modeller for de 4 lokaliteter.



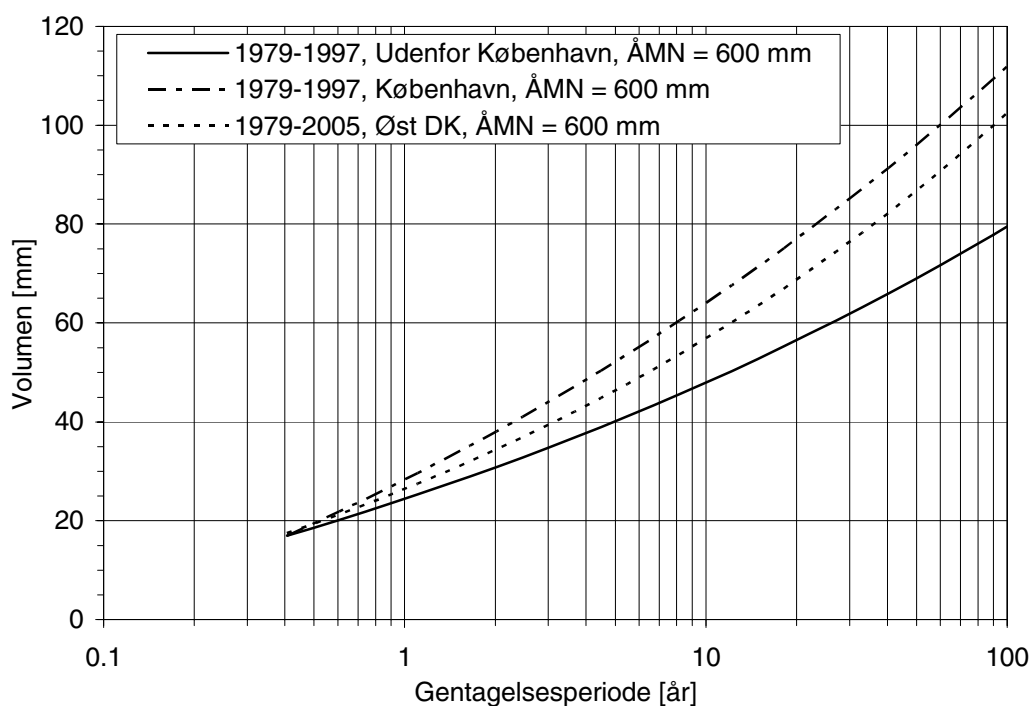
Figur 5.12 S-målstørrelse af regionalt estimat af T-års intensiteter på lokalitet vest for Storebælt med årsmiddelnedbør på 750 mm.



Figur 5.13 Gennemsnitlig relativ prediktionsusikkerhed for de 4 regnkurver for gentagelsesperiode på T = 10 år.



Figur 5.14 Regionalt estimat af T-års bassinvolumen for afløbstal på $a = 0.1 \mu\text{m/s}$ på lokalitet i vest Danmark med årsmiddelnedbør på 750 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997).



Figur 5.15 Regionalt estimat af T-års bassinvolumen for afløbstal på $a = 0.1 \mu\text{m/s}$ på lokalitet i øst Danmark med årsmiddelnedbør på 600 mm baseret på nærværende datamateriale (1979-2005) og data i den tidligere analyse (1979-1997) for lokalitet i henholdsvis København og udenfor København.



For de analyserede volumen- og transformerede variable gælder generelt at de nye regionale T -års estimater er større end de estimater der fås af den regionale model i skrift nr. 26 på nær i Københavnsområdet. For regndybde, døgnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal er T -års estimatet i region "København" for den tidligere model større end T -års estimatet i region "Øst Danmark". I Figur 5.14 og Figur 5.15 er de forskellige regionale modeller for bassinvolumen med lille afløbstal sammenlignet.



6 KLASSIFICERING AF HISTORISKE REGNSERIER

Til udvælgelse af repræsentative historiske regnserier blev der i skrift nr. 26 indført en målstørrelse der måler afvigelsen af den lokale regnserie fra den regionale model. Målstørrelsen er defineret som

$$U = \frac{\hat{z}_T^L - \hat{z}_T^R}{\sqrt{\text{Var}\{\hat{z}_T^R\}}} \quad (6.1)$$

hvor $\hat{z}_T^L$ er det lokale T -års estimat fundet ved indsættelse af lokale estimater af PDS parametrene i (2.1).

$\hat{z}_T^R$ er det regionale T -års estimat.

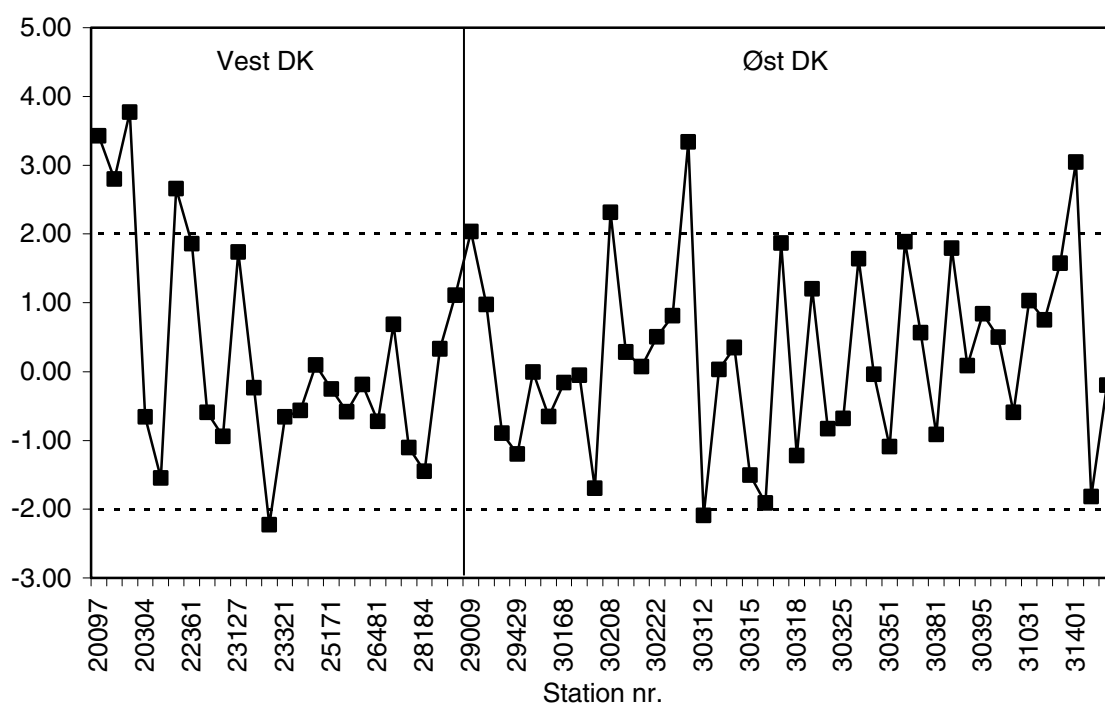
$\text{Var}\{\hat{z}_T^R\}$ er prediktionsvariansen af det regionale T -års estimat.

Målstørrelsen U kan fortolkes statistisk idet den angiver signifikansen af afvigelsen af den lokale regnserie fra den regionale model ved sammenligning med fraktilerne i en standard normalfordeling. F.eks. svarer $U = -2$ og $U = 2$ til henholdsvis 2.5% og 97.5% fraktilerne.

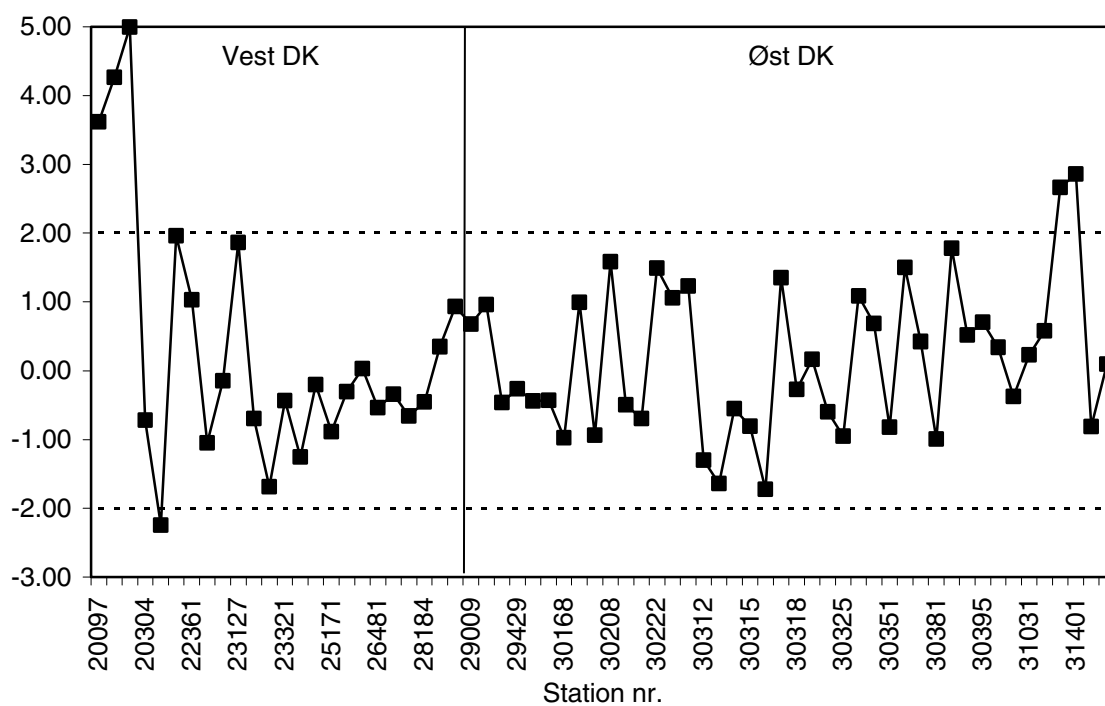
Målstørrelsen U er beregnet for 3 nedbørsklasser:

1. Intensiteter med små varigheder (op til 60 min.) samt bassin- og overløbsvolumen med stort afløbstal. Målstørrelsen beregnes som gennemsnittet af U for 10, 30 og 60 min. intensiteten samt bassin- og overløbsvolumen for afløbstal på $a = 1 \mu\text{m/s}$.
2. Intensiteter med varigheder på 1-12 timer. Målstørrelsen beregnes som gennemsnittet af U for 1, 3, 6 og 12 timers intensiteten.
3. Intensiteter med store varigheder (over 12 timer) samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Målstørrelsen beregnes som gennemsnittet af U for 12, 24 og 48 timers intensiteten samt bassin- og overløbsvolumen for afløbstal på $a = 0.1 \mu\text{m/s}$.

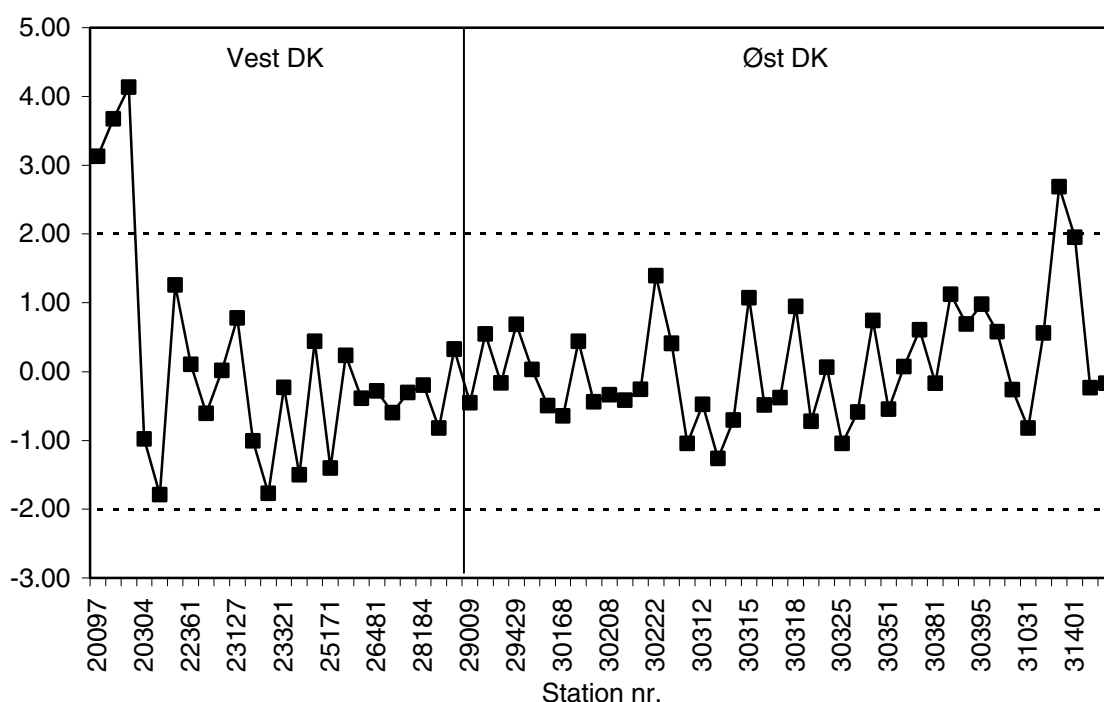
For hver nedbørsklasse er målstørrelsen beregnet for gentagelsesperioder på 1, 2, 5, 10, 20, 50 og 100 år. Gennemsnitsværdier er beregnet for 3 intervaller, $1 \text{ år} \leq T \leq 5 \text{ år}$, $5 \text{ år} \leq T \leq 20 \text{ år}$, og $20 \text{ år} \leq T \leq 100 \text{ år}$ samt gennemsnit for samtlige gentagelsesperioder. De beregnede værdier fremgår af Bilag B. Gennemsnitsværdier af U for samtlige 66 stationer for de 3 nedbørsklasser er vist i Figur 6.1 - Figur 6.3. I figurene er stationerne sorteret mht. subregional placering og stigende årsmiddelnedbør indenfor hver subregion i overensstemmelse med tabellerne vist i Bilag B.



Figur 6.1 Gennemsnitlig målstørrelse U for nedbørsklasse 1: Intensiteter med varigheder op til 60 min. samt bassin- og overløbsvolumen med stort afløbstal. Stiplede linier svarer til 2.5% og 97.5% fraktillerne.



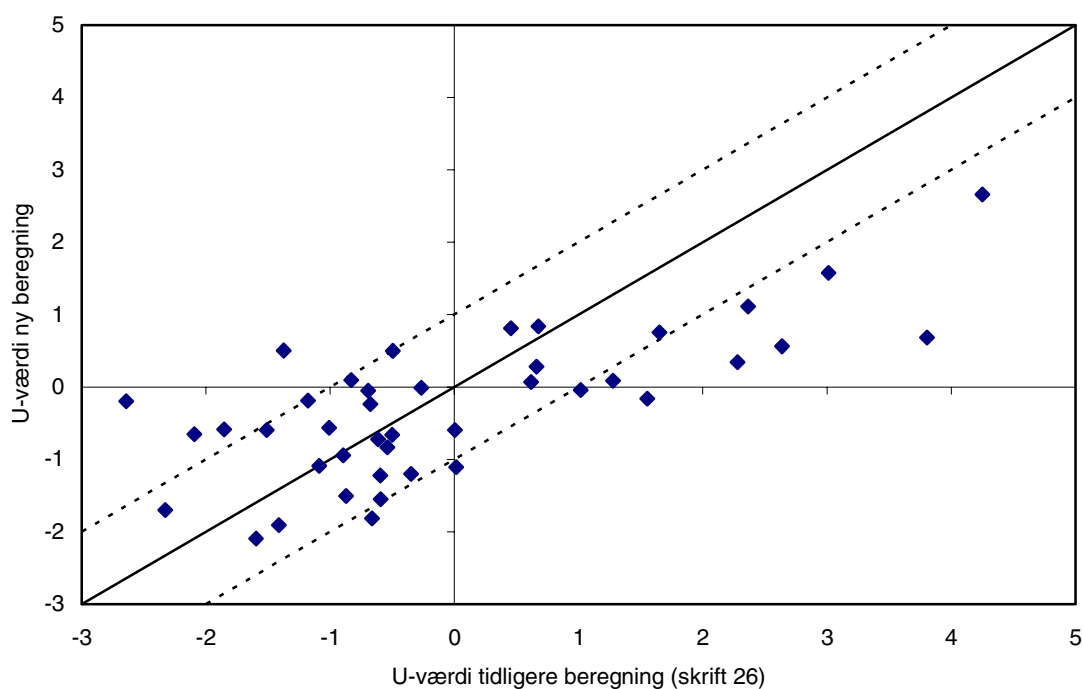
Figur 6.2 Gennemsnitlig målstørrelse U for nedbørsklasse 2: Intensiteter med varigheder på 1-12 timer. Stiplede linier svarer til 2.5% og 97.5% fraktillerne.



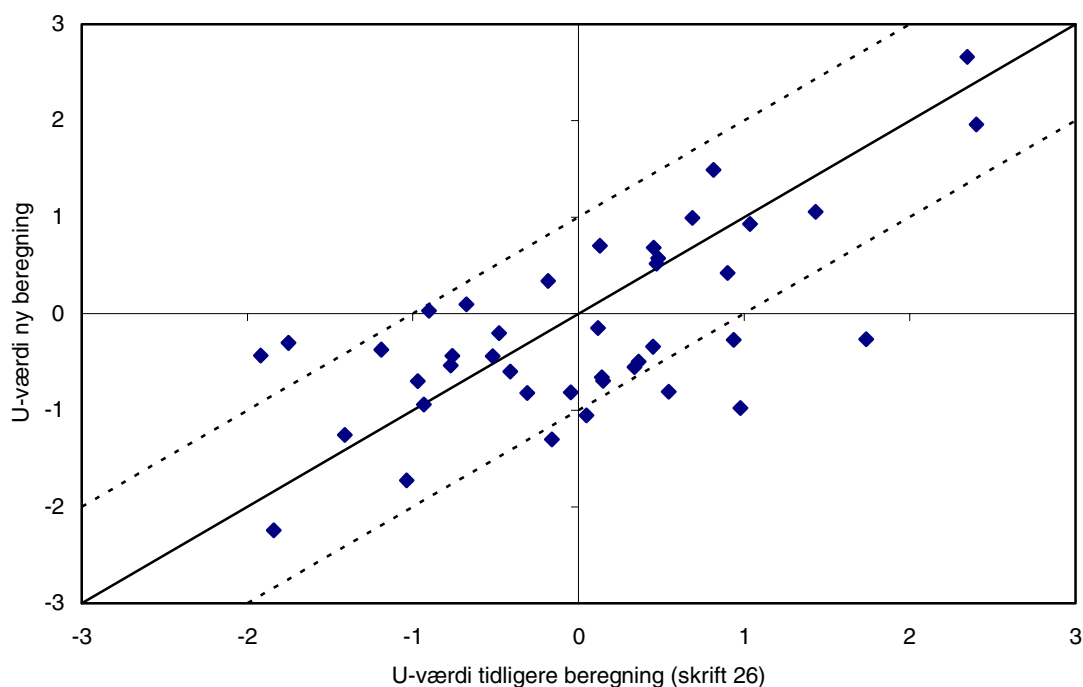
Figur 6.3 Gennemsnitlig målstørrelse U for nedbørsklasse 3: Intensiteter med varigheder over 12 timer samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Stiplede linier svarer til 2.5% og 97.5% fraktilerne.

For samtlige nedbørsklasser ligger 3 nordjyske stationer 20097 (Frederikshavn Materielgård), 20099 (Frederikshavn Centralrenseanlæg) og 20304 (Aalborg Østerport P.) betydeligt over 97.5% fraktilen. En anden nordjysk station, 20211 (Sulsted), ligger også højt i forhold til den regionale model, især for nedbørsklasse 1 og 2. Grunden til det høje niveau for disse stationer er en betydelig højere middelloverskridelse i forhold til den regionale middelværdi for region "Vest Danmark" (se eksempel i Figur 4.12). Det kan dog ikke ud fra det foreliggende datamateriale godtgøres at de nordjyske stationer skal behandles særskilt i forhold til andre stationer i region "Vest Danmark". F.eks. indikerer U målstørrelsen for station 20461 (Svenstrup J.) et middelniveau i forhold til den regionale model for samtlige nedbørsklasser.

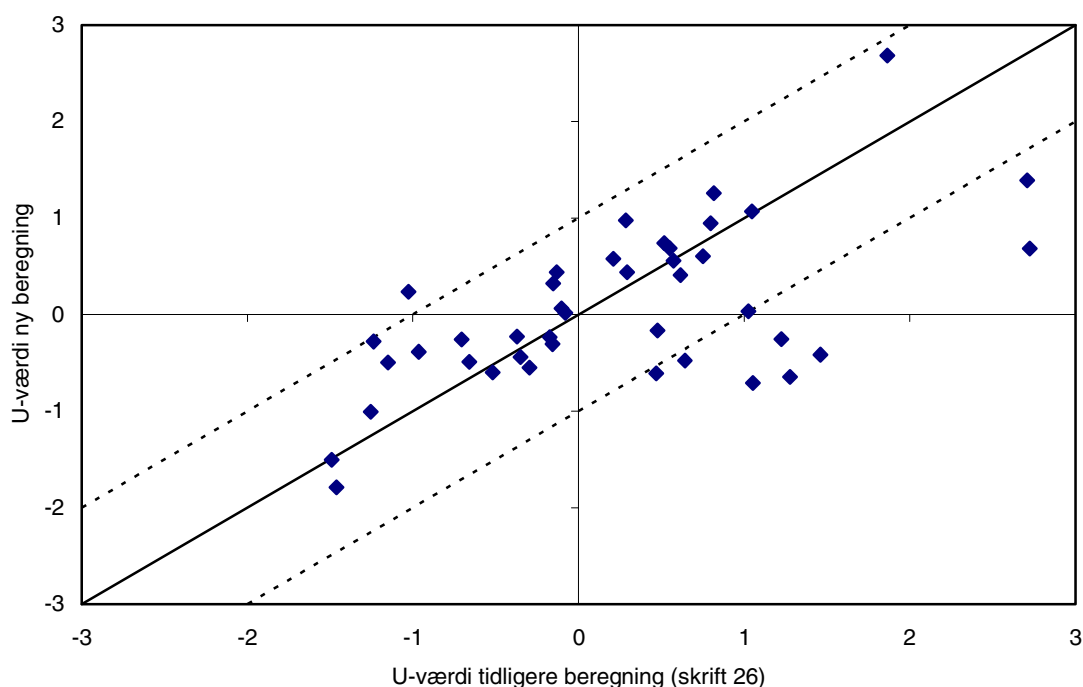
Af andre stationer der udviser betydelig afvigelse fra den regionale model for flere nedbørsklasser er station 30168 (Hillerød Renseanlæg) der ligger over 97.5% fraktilen for nedbørsklasse 1 og 2, og 30315 (Husum) der ligger over 97.5% fraktilen for nedbørsklasse 2 og 3. Øvrige stationer der ligger over 97.5% fraktilen er 29009 (Gniben), 29354 (Slagelse Centralrenseanlæg) og 30348 (Wibrandsvej (Greisvej)), alle i nedbørsklasse 1. Kun 3 stationer ligger under 2.5% fraktilen: 28453 (Svendborg Centralrenseanlæg) og 31231 (Vordingborg Renseanlæg) i nedbørsklasse 1 samt 28184 (Odense NV Renseanlæg) i nedbørsklasse 2. Generelt har nedbørsklasse 1 den største variabilitet af U -værdier mens nedbørsklasse 3 udviser den mindste variabilitet.



Figur 6.4 Sammenligning af U-værdier baseret på nuværende beregningsgrundlag og tidligere beregnede værdier i skrift 26 for nedbørsklasse 1. Fuldt optrukken linie angiver 1:1 overensstemmelse, mens de stiplede linier angiver interval for hvilken der er en forskel på 1 enhed.



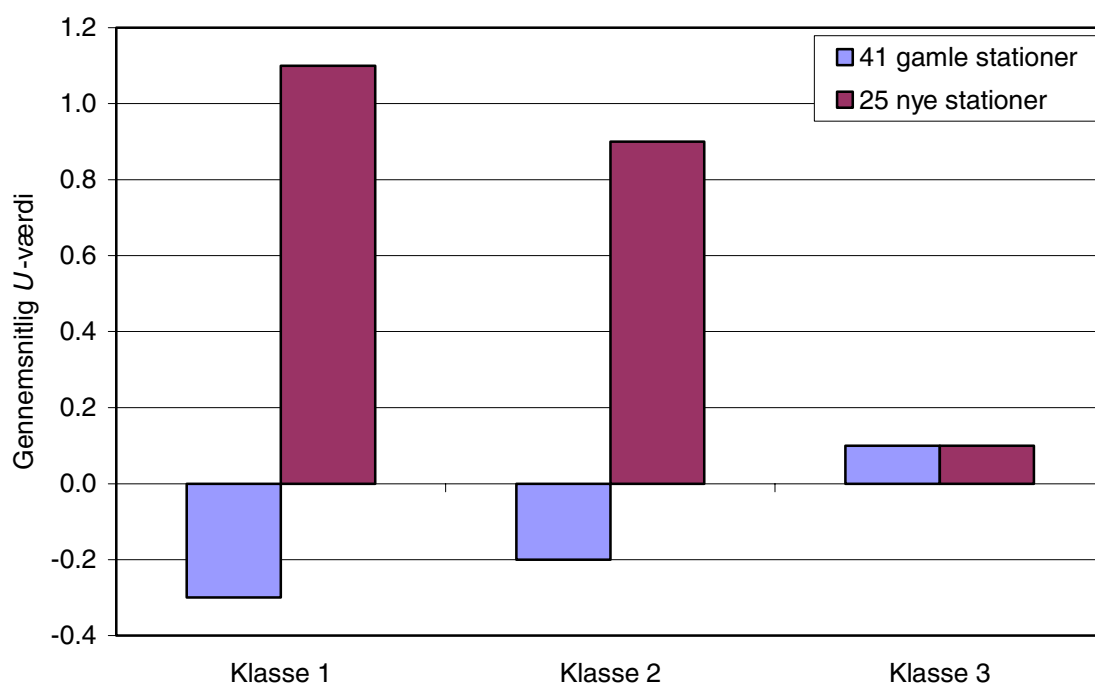
Figur 6.5 Sammenligning af U-værdier baseret på nuværende beregningsgrundlag og tidligere beregnede værdier i skrift 26 for nedbørsklasse 2. Fuldt optrukken linie angiver 1:1 overensstemmelse, mens de stiplede linier angiver interval for hvilken der er en forskel på 1 enhed.



Figur 6.6 Sammenligning af U -værdier baseret på nuværende beregningsgrundlag og tidligere beregnede værdier i skrift 26 for nedbørsklasse 3. Fuldt optrukken linie angiver 1:1 overensstemmelse, mens de stiplede linier angiver interval for hvilken der er en forskel på 1 enhed.

De beregnede U -værdier er sammenlignet med de tidligere beregnede værdier for de 41 stationer der indgik i den tidligere analyse i Figur 6.4 - Figur 6.6. Der kan være en endog betydelig forskel mellem de 2 beregninger. For nedbørsklasse 1 er der 15 stationer der har en forskel på over 1 enhed, for nedbørsklasse 2 er der 8 stationer, og for nedbørsklasse 3 er der 9 stationer. Disse forskelle reflekterer primært de store usikkerheder der er involveret i estimation af de lokale T -års estimer. De nye U -værdier er baseret på et bedre datagrundlag og vil derfor generelt have mindre usikkerheder.

I Figur 6.7 er den gennemsnitlige U -værdi for de 41 stationer der indgik i den tidligere analyse sammenlignet med den gennemsnitlige U -værdi for de 25 nye stationer der er medtaget i nærværende analyse (begge beregnet for perioden 1979-2005). For nedbørsklasse 1 og 2 ses en betydelig forskel mellem de to gennemsnitsværdier, med en gennemsnitlig U -værdi over 1 enhed større for de nye stationer. De nye stationer der er oprettet i perioden 1989-1995 ligger i gennemsnit over 80% fraktilen i den regionale fordeling for nedbørsklasse 1 og 2. Dette er et udtryk for en stigende T -års intensitet for små og mellemlange varigheder som også vist i Afsnit 5.



Figur 6.7 Gennemsnitlig U-værdi af, henholdsvis, de 41 gamle stationer og de 25 nye stationer for de 3 nedbørsklasser.



7 **KONKLUSION**

Den regionale model til estimation af ekstremnedbør i Danmark i Spildevandskomitéens skrift nr. 26 er opdateret med nye data indsamlet fra det landsdækkende regnmåler-system frem til 1. august 2005. Overordnet set viser den nye analyse at den regionale statistiske model der blev introduceret tidligere er tilfredsstillende.

I overensstemmelse med den tidligere analyse er der påvist en signifikant regional variabilitet af ekstremnedbør i Danmark. En del af den regionale variabilitet kan beskrives ved årsmiddelnedbøren, idet der forekommer flere ekstreme hændelser og derved større T -års estimater på steder med stor årsmiddelnedbør. Endvidere er der påvist en signifikant forskel mellem ekstremnedbør vest og øst for Storebælt for intensiteter på 6 timer og derved, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Dette giver anledning til generelt større T -års estimater øst for Storebælt. Idet der generelt er en større årsmiddelnedbør i den vestlige del af Danmark, ophæver de to effekter dog hinanden til en vis grad for gentagelsesperioder på mindre end 10 år.

Sammenholdes med den tidlige analyse er den regionale model blevet ændret mht. den subregionale opdeling. Den tidligere observerede storby effekt kunne ikke godtgøres med det nye datasæt og et generelt højere niveau af middeloverskridelsen ses nu for hele området øst for Storebælt.

Samlet set viser den regionale model baseret på de nye data sammenholdt med modellen i skrift nr. 26 generelt større T -års estimater af ekstremnedbør på nær i Københavnsområdet for intensiteter med store varigheder, regndybde, døgnnedbør samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Stigningerne er mest signifikante for intensiteter med varigheder mellem 10 min og 3 timer. For en gentagelsesperiode på 10 år ses stigninger af størrelsesordenen 10-12%, mens stigningerne for 100 års intensiteten er af størrelsesordenen 15-25%. Selvom stigningerne er betydelige kan der dog ikke statistisk set godtgøres at der tale om en generel trend af ekstremnedbør i Danmark.



8 **REFERENCER**

Arnbjerg-Nielsen, K., 2005, Significant climate change of extreme rainfall in Denmark, 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark, 21-26 August 2005.

Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1993, Some statistics useful in regional frequency analysis, *Water Resour. Res.*, 29(2), 271-281. Correction, *Water Resour. Res.*, 31(1), 251, 1995.

Madsen, H., 1998, Ekstremregn i Danmark. Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomitéens Regnmålersystem 1979-1996, Institut for Strømningsmekanik og vandressourcer samt Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.

Madsen, H., 2002, Ekstremregn i Danmark. Supplement til Statistisk bearbejdning af nedbørsdata fra Spildevandskomitéens Regnmålersystem 1979-1996, Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet.

Mikkelsen, P.S., Madsen, H., Rosbjerg, D. and Harremoës, P., 1996, Properties of extreme point rainfall III: Identification of spatial inter-site correlation structure, *Atmos. Res.*, 40, 77-98.

Nielsen, M.K., 2005, Drift af Spildevandskomitéens Regnmålersystem, Årsnotat 2004, Teknisk Rapport 05-07, Danmarks Meteorologiske Institut.

Spildevandskomitéen, 1999, Regional variation af ekstremregn i Danmark, skrift nr. 26, Ingeniørforeningen i Danmark – IDA, Spildevandskomitéen.



B I L A G



B I L A G A

Beregning af regionalt T-års estimat



Et regionalt estimat af T -års hændelsen beregnes af

$$\hat{z}_T = z_0 + \hat{\mu} \frac{1 + \hat{\kappa}}{\hat{\kappa}} \left[1 - \left(\frac{1}{\hat{\lambda}_T} \right)^{\hat{\kappa}} \right], \quad \hat{\kappa} = \frac{1}{\hat{\tau}_2} - 2 \quad (\text{A.1})$$

I (A.1) angiver z_0 det benyttede afskæringsniveau til definition af overskridelsesserien. Det regionale estimat af det gennemsnitlige antal årlige overskridelser $\hat{\lambda}$ bestemmes af årsmiddelnedbøren (ÅMN)

$$\hat{\lambda} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \text{ÅMN} \quad (\text{A.2})$$

hvor $\hat{\beta}_0$ og $\hat{\beta}_1$ er de fra regressionsanalysen estimerede regressionsparametre. For intensiteter med varigheder under 6 timer samt bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal regnes middelloverskridelsen $\hat{\mu}$ konstant i hele landet. For de øvrige nedbørsvariable baseres estimatet af middelloverskridelsen på følgende sub-regionale opdeling

$$\hat{\mu} = \begin{cases} \hat{\mu}_1 & , \text{ Vest DK} \\ \hat{\mu}_2 & , \text{ Øst DK} \end{cases} \quad (\text{A.3})$$

Det regionale estimat af L-CV $\hat{\tau}_2$ og derved formparameteren $\hat{\kappa}$ regnes konstant i hele landet. De i (A.1) - (A.3) indgående parametre for de 17 analyserede nedbørsvariable er angivet i Tabel A.1 - Tabel A.3.

Tabel A.1 Afskæringsniveau for overskridelsesserierne samt regressionsparametre, varians-kovarians af regressionsparametrene og residualvariansen fra regression af det gennemsnitlige antal årlige overskridelser med årsmiddelnedbøren.

Variabel	z_0 [µm/s] [mm]	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$ [·10 ⁻³]	$\text{Var}\{\hat{\beta}_0\}$	$\text{Cov}\{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1\}$ [·10 ⁻⁴]	$\text{Var}\{\hat{\beta}_1\}$ [·10 ⁻⁶]	$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$
i1m	15.8	-0.523	6.53	0.609	-8.79	1.36	0.251
i2m	12.8	0.0792	5.49	0.584	-8.30	1.28	0.235
i5m	9.00	0.194	5.08	0.587	-8.34	1.28	0.247
i10m	6.00	0.561	5.06	0.628	-8.86	1.36	0.259
i30m	3.20	0.766	4.23	0.635	-9.02	1.39	0.275
i60m	2.10	0.952	3.85	0.651	-9.29	1.43	0.291
i3h	1.10	1.03	3.47	0.633	-9.13	1.41	0.275
i6h	0.730	0.121	4.39	0.550	-7.77	1.20	0.217
i12h	0.450	-0.712	5.07	0.513	-7.23	1.11	0.190
i24h	0.260	-2.11	7.48	0.521	-7.08	1.08	0.207
i48h	0.150	-3.66	10.7	0.471	-6.30	0.959	0.176
dpt	17.2	0.305	4.49	0.682	-9.79	1.51	0.334
dpn	19.4	-1.78	7.49	0.613	-8.76	1.35	0.288
bv1	17.0	-1.73	7.19	0.528	-7.44	1.14	0.233
bv2	5.40	1.23	2.96	0.464	-6.61	1.02	0.171
ov1	15.0	0.441	4.03	0.658	-9.46	1.46	0.324
ov2	6.80	0.361	4.13	0.455	-6.47	0.996	0.172



Prediktionsvariansen af T -års estimatet beregnes af

$$Var\{\hat{z}_T\} = \left(\frac{\partial z_T}{\partial \lambda}\right)^2 Var\{\hat{\lambda}\} + \left(\frac{\partial z_T}{\partial \mu}\right)^2 Var\{\hat{\mu}\} + \left(\frac{\partial z_T}{\partial \kappa}\right)^2 Var\{\hat{\kappa}\} \quad (A.4)$$

hvor de partielt afledede af z_T , bestemt af (A.1), er givet ved

$$\begin{aligned} \frac{\partial z_T}{\partial \lambda} &= \mu(1+\kappa)T(\lambda T)^{-\kappa-1} \\ \frac{\partial z_T}{\partial \mu} &= \frac{1+\kappa}{\kappa} [1 - (\lambda T)^{-\kappa}] \\ \frac{\partial z_T}{\partial \kappa} &= \mu(1+\kappa) \left[\frac{1}{\kappa} (\lambda T)^{-\kappa} \ln(\lambda T) - \frac{1}{\kappa^2} [1 - (\lambda T)^{-\kappa}] \right] \end{aligned} \quad (A.5)$$

Ved beregning af prediktionsvariansen indsættes de regionalt estimerede parametre i (A.5). Prediktionsvariansen af det gennemsnitlige antal årlige overskridelser $Var\{\hat{\lambda}\}$ afhænger af årsmiddelnedbøren

$$Var\{\hat{\lambda}\} = Var\{\hat{\beta}_0\} + 2\hat{A}MNCov\{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1\} + \hat{A}MN^2Var\{\hat{\beta}_1\} + \hat{\sigma}_\delta^2 \quad (A.6)$$

hvor $Var\{\hat{\beta}_0\}$, $Var\{\hat{\beta}_1\}$ og $Cov\{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1\}$ er varians-kovariansen af de estimerede regressionsparametre og $\hat{\sigma}_\delta^2$ er residualvariansen.

Tabel A.2 Regionalt estimat af middelloverskridelsen og tilhørende prediktionsvariens i de 2 sub-regioner.

Variabel	Vest DK		Øst DK	
	$\hat{\mu}_1$	$Var\{\hat{\mu}_1\}$	$\hat{\mu}_2$	$Var\{\hat{\mu}_2\}$
i1m	5.97	0.135	5.97	0.135
i2m	5.78	0.119	5.78	0.119
i5m	4.71	$3.65 \cdot 10^{-2}$	4.71	$3.65 \cdot 10^{-2}$
i10m	3.45	$1.66 \cdot 10^{-2}$	3.45	$1.66 \cdot 10^{-2}$
i30m	1.74	$3.28 \cdot 10^{-3}$	1.74	$3.28 \cdot 10^{-3}$
i60m	1.03	$2.15 \cdot 10^{-3}$	1.03	$2.15 \cdot 10^{-3}$
i3h	0.466	$3.53 \cdot 10^{-4}$	0.466	$3.53 \cdot 10^{-4}$
i6h	0.263	$5.96 \cdot 10^{-4}$	0.292	$7.80 \cdot 10^{-4}$
i12h	0.167	$4.13 \cdot 10^{-4}$	0.183	$7.70 \cdot 10^{-4}$
i24h	0.0921	$5.70 \cdot 10^{-5}$	0.115	$2.29 \cdot 10^{-4}$
i48h	0.0551	$1.90 \cdot 10^{-5}$	0.0700	$6.96 \cdot 10^{-5}$
dpt	7.17	0.404	8.35	1.58
dpn	7.09	0.813	7.97	1.92
bv1	9.24	0.746	11.0	2.99
bv2	4.65	$6.55 \cdot 10^{-2}$	4.65	$6.55 \cdot 10^{-2}$
ov1	6.66	0.315	7.76	1.26
ov2	5.10	$5.11 \cdot 10^{-2}$	5.10	$5.11 \cdot 10^{-2}$



Tabel A.3 Regionalt estimat af L-CV og formparameteren med tilhørende prediktionsvarians.

Variabel	$\hat{\tau}_2$	$Var\{\hat{\tau}_2\}$	$\hat{\kappa}$	$Var\{\hat{\kappa}\}$
i1m	0.541	$9.20 \cdot 10^{-4}$	-0.152	$1.07 \cdot 10^{-2}$
i2m	0.526	$2.94 \cdot 10^{-4}$	-0.0971	$3.85 \cdot 10^{-3}$
i5m	0.520	$3.21 \cdot 10^{-5}$	-0.0769	$4.39 \cdot 10^{-4}$
i10m	0.531	$1.33 \cdot 10^{-4}$	-0.116	$1.68 \cdot 10^{-3}$
i30m	0.556	$1.17 \cdot 10^{-4}$	-0.200	$1.22 \cdot 10^{-3}$
i60m	0.557	$3.65 \cdot 10^{-4}$	-0.205	$3.79 \cdot 10^{-3}$
i3h	0.547	$9.87 \cdot 10^{-5}$	-0.170	$1.11 \cdot 10^{-3}$
i6h	0.552	$3.66 \cdot 10^{-4}$	-0.189	$3.94 \cdot 10^{-3}$
i12h	0.539	$3.66 \cdot 10^{-4}$	-0.145	$4.33 \cdot 10^{-3}$
i24h	0.540	$7.60 \cdot 10^{-4}$	-0.149	$8.93 \cdot 10^{-3}$
i48h	0.528	$6.42 \cdot 10^{-4}$	-0.105	$8.28 \cdot 10^{-3}$
dpt	0.545	$6.59 \cdot 10^{-4}$	-0.166	$7.46 \cdot 10^{-3}$
dpn	0.532	$2.33 \cdot 10^{-4}$	-0.119	$2.91 \cdot 10^{-3}$
bv1	0.548	$3.17 \cdot 10^{-4}$	-0.176	$3.51 \cdot 10^{-3}$
bv2	0.578	$7.61 \cdot 10^{-4}$	-0.268	$6.84 \cdot 10^{-3}$
ov1	0.559	$3.50 \cdot 10^{-4}$	-0.210	$3.58 \cdot 10^{-3}$
ov2	0.565	$1.22 \cdot 10^{-3}$	-0.231	$1.19 \cdot 10^{-2}$

For intensiteter med varigheder under 6 timer samt bassin- og overløbsvolumen for stort afløbstal er prediktionsvariansen af middelloverskridelsen $Var\{\hat{\mu}\}$ konstant i hele landet. For de øvrige variable afhænger prediktionsvariansen af den subregionale opdeling

$$Var\{\hat{\mu}\} = \begin{cases} Var\{\hat{\mu}_1\} & , \text{ Vest DK} \\ Var\{\hat{\mu}_2\} & , \text{ Øst DK} \end{cases} \quad (\text{A.7})$$

Prediktionsvariansen af formparameteren $Var\{\hat{\kappa}\}$ regnes konstant i hele landet. De i (A.4) - (A.7) indgående størrelser for de 17 analyserede nedbørsvariable er angivet i Tabel A.1 - Tabel A.3.

Årsmiddelnedbøren og den subregionale placering af de 66 analyserede stationer er vist i Tabel A.4.



Tabel A.4 Årsmiddelnedbør (ÅMN) og subregional placering (1: Vest DK, 2: Øst DK) af de 66 analyserede stationer.

Station	ÅMN [mm]	Region	Station	ÅMN [mm]	Region	Station	ÅMN [mm]	Region
20097	644	1	28186	657	1	30317	639	2
20099	631	1	28453	669	1	30318	622	2
20211	655	1	29009	515	2	30319	635	2
20304	628	1	29041	551	2	30321	644	2
20461	711	1	29354	596	2	30325	610	2
22321	646	1	29429	525	2	30326	616	2
22361	661	1	30031	618	2	30348	576	2
22421	719	1	30131	598	2	30351	574	2
22554	656	1	30168	658	2	30352	574	2
23127	696	1	30191	664	2	30353	556	2
23261	789	1	30201	676	2	30381	633	2
23294	711	1	30208	619	2	30384	630	2
23321	767	1	30211	603	2	30386	613	2
23345	813	1	30221	638	2	30395	609	2
24292	827	1	30222	640	2	30411	580	2
25171	775	1	30309	644	2	30451	587	2
26091	789	1	30311	610	2	31031	543	2
26376	818	1	30312	608	2	31151	578	2
26481	668	1	30313	593	2	31231	597	2
28181	670	1	30314	617	2	31401	563	2
28183	665	1	30315	657	2	31511	600	2
28184	648	1	30316	612	2	32097	522	2



B I L A G B

Klassificering af stationer



I de nedenstående tabeller er de 66 stationer der er medtaget i den regionale analyse klassificeret i henhold til målstørrelsen U defineret i Afsnit 6. Klassificeringen er foretaget for 3 nedbørsklasser:

1. Intensiteter med varigheder op til 60 min. samt bassin- og overløbsvolumen med stort afløbstal.
2. Intensiteter med varigheder på 1-12 timer.
3. Intensiteter med varigheder over 12 timer samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal.

For hver nedbørsklasse er målstørrelsen angivet for 3 intervaller af gentagelsesperioder $1 \text{ år} \leq T \leq 5 \text{ år}$, $5 \text{ år} \leq T \leq 20 \text{ år}$ og $20 \text{ år} \leq T \leq 100 \text{ år}$ samt for gennemsnittet af disse. I tabellerne er stationerne sorteret mht. subregional placering og årsmiddelnedbør.



Tabel B.1 Klassificering i nedbørsklasse 1: Intensiteter med varigheder op til 60 min. samt bassin- og overløbsvolumen med stort afløbstal. Skravering angiver stationer der ligger over 97.5% fraktilen ($U = 2$) eller under 2.5% fraktilen ($U = -2$).

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
1	628	20304	2.86	3.54	3.88	3.42
1	631	20099	2.59	2.90	2.90	2.80
1	644	20097	4.51	3.85	2.96	3.77
1	646	22321	-0.18	-0.85	-0.95	-0.66
1	648	28184	-1.57	-1.64	-1.44	-1.55
1	655	20211	1.38	2.73	3.86	2.66
1	656	22554	0.91	1.93	2.72	1.86
1	657	28186	-0.12	-0.70	-0.96	-0.59
1	661	22361	-0.10	-1.16	-1.58	-0.94
1	665	28183	1.29	1.81	2.11	1.74
1	668	26481	-0.03	-0.31	-0.37	-0.23
1	669	28453	-2.02	-2.37	-2.29	-2.22
1	670	28181	-0.62	-0.72	-0.64	-0.66
1	696	23127	-1.14	-0.61	0.07	-0.56
1	711	20461	0.63	0.04	-0.38	0.10
1	711	23294	-1.11	-0.27	0.62	-0.25
1	719	22421	-1.54	-0.49	0.28	-0.58
1	767	23321	-0.09	-0.23	-0.24	-0.19
1	775	25171	-0.49	-0.80	-0.88	-0.72
1	789	23261	0.40	0.68	0.96	0.68
1	789	26091	-0.87	-1.22	-1.23	-1.11
1	813	23345	-1.24	-1.59	-1.52	-1.45
1	818	26376	0.50	0.23	0.25	0.33
1	827	24292	-0.20	1.25	2.28	1.11
2	515	29009	0.08	2.03	3.99	2.03
2	522	32097	0.51	0.94	1.47	0.97
2	525	29429	-0.18	-1.04	-1.47	-0.90
2	543	31031	-1.73	-1.30	-0.57	-1.20
2	551	29041	-0.10	-0.01	0.09	-0.01
2	556	30353	-0.13	-0.68	-1.15	-0.65
2	563	31401	0.10	-0.20	-0.38	-0.16
2	574	30351	0.57	-0.15	-0.58	-0.05
2	574	30352	-1.39	-1.81	-1.89	-1.70
2	576	30348	4.47	2.06	0.42	2.31
2	578	31151	1.40	0.07	-0.62	0.28
2	580	30411	0.22	0.05	-0.05	0.07
2	587	30451	0.44	0.52	0.55	0.50
2	593	30313	0.73	0.85	0.84	0.81
2	596	29354	1.70	3.41	4.90	3.34
2	597	31231	-2.23	-2.21	-1.84	-2.09
2	598	30131	0.91	-0.20	-0.62	0.03
2	600	31511	1.11	0.25	-0.32	0.35
2	603	30211	-1.14	-1.67	-1.71	-1.51
2	608	30312	-1.43	-2.12	-2.17	-1.91
2	609	30395	0.34	2.00	3.26	1.86
2	610	30311	-1.06	-1.32	-1.29	-1.22
2	610	30325	1.08	1.23	1.29	1.20
2	612	30316	-0.65	-0.92	-0.92	-0.83
2	613	30386	0.00	-0.90	-1.13	-0.68



2	616	30326	0.92	1.59	2.41	1.64
2	617	30314	0.30	-0.10	-0.31	-0.04
2	618	30031	-0.43	-1.26	-1.57	-1.09
2	619	30208	1.91	1.98	1.76	1.88
2	622	30318	1.35	0.45	-0.11	0.56
2	630	30384	-0.81	-1.00	-0.93	-0.91
2	633	30381	2.56	1.70	1.12	1.79
2	635	30319	0.50	0.03	-0.27	0.09
2	638	30221	-0.07	0.88	1.69	0.83
2	639	30317	0.64	0.49	0.36	0.50
2	640	30222	-0.63	-0.56	-0.59	-0.59
2	644	30309	1.65	0.91	0.52	1.03
2	644	30321	1.00	0.73	0.53	0.75
2	657	30315	2.21	1.50	1.01	1.57
2	658	30168	2.94	3.15	3.04	3.04
2	664	30191	-2.95	-1.79	-0.71	-1.82
2	676	30201	0.06	-0.29	-0.36	-0.20



Tabel B.2 Klassificering i nedbørsklasse 2: Intensiteter med varigheder på 1-12 timer. Skravering angiver stationer der ligger over 97.5% fraktilen ($U = 2$) eller under 2.5% fraktilen ($U = -2$).

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
1	628	20304	2.58	3.77	4.51	3.62
1	631	20099	3.03	4.37	5.39	4.26
1	644	20097	4.40	5.15	5.44	4.99
1	646	22321	0.42	-0.96	-1.62	-0.72
1	648	28184	-2.23	-2.40	-2.11	-2.24
1	655	20211	1.78	2.07	2.04	1.96
1	656	22554	0.59	1.05	1.44	1.03
1	657	28186	-1.13	-1.15	-0.87	-1.05
1	661	22361	0.44	-0.25	-0.64	-0.15
1	665	28183	0.44	1.86	3.29	1.86
1	668	26481	-0.47	-0.77	-0.85	-0.70
1	669	28453	-2.06	-1.75	-1.26	-1.69
1	670	28181	-0.42	-0.51	-0.38	-0.43
1	696	23127	-1.06	-1.34	-1.36	-1.25
1	711	20461	-0.04	-0.25	-0.32	-0.20
1	711	23294	-1.46	-0.90	-0.30	-0.88
1	719	22421	-1.29	-0.28	0.66	-0.30
1	767	23321	-0.06	0.01	0.14	0.03
1	775	25171	-0.39	-0.56	-0.65	-0.53
1	789	23261	-0.19	-0.42	-0.42	-0.34
1	789	26091	-0.95	-0.66	-0.37	-0.66
1	813	23345	0.12	-0.60	-0.88	-0.45
1	818	26376	0.54	0.24	0.27	0.35
1	827	24292	-0.17	0.93	2.02	0.93
2	515	29009	-0.34	0.74	1.62	0.67
2	522	32097	0.86	0.88	1.14	0.96
2	525	29429	0.45	-0.53	-1.31	-0.46
2	543	31031	-0.40	-0.28	-0.10	-0.26
2	551	29041	-0.32	-0.44	-0.55	-0.44
2	556	30353	-0.42	-0.43	-0.45	-0.43
2	563	31401	-1.02	-1.10	-0.80	-0.98
2	574	30351	0.79	1.02	1.17	0.99
2	574	30352	-1.20	-0.97	-0.65	-0.94
2	576	30348	2.67	1.48	0.59	1.58
2	578	31151	0.61	-0.68	-1.40	-0.49
2	580	30411	-0.13	-0.78	-1.17	-0.69
2	587	30451	1.42	1.57	1.47	1.49
2	593	30313	0.74	1.12	1.30	1.05
2	596	29354	0.65	1.25	1.77	1.23
2	597	31231	-1.16	-1.36	-1.38	-1.30
2	598	30131	-0.40	-1.94	-2.57	-1.64
2	600	31511	0.04	-0.69	-1.00	-0.55
2	603	30211	-0.50	-0.88	-1.05	-0.81
2	608	30312	-1.26	-1.91	-2.01	-1.73
2	609	30395	0.17	1.42	2.46	1.35
2	610	30311	-0.12	-0.32	-0.37	-0.27
2	610	30325	0.50	0.11	-0.11	0.17
2	612	30316	-0.32	-0.67	-0.80	-0.60
2	613	30386	-0.29	-1.13	-1.43	-0.95



2	616	30326	0.94	0.97	1.35	1.09
2	617	30314	0.83	0.71	0.51	0.68
2	618	30031	-0.53	-0.91	-1.02	-0.82
2	619	30208	1.18	1.54	1.77	1.50
2	622	30318	1.08	0.34	-0.14	0.42
2	630	30384	-0.42	-1.11	-1.44	-0.99
2	633	30381	2.39	1.67	1.26	1.78
2	635	30319	0.45	0.55	0.56	0.52
2	638	30221	0.95	0.78	0.38	0.70
2	639	30317	0.84	0.32	-0.14	0.34
2	640	30222	-0.37	-0.38	-0.37	-0.37
2	644	30309	1.19	0.09	-0.58	0.23
2	644	30321	1.13	0.57	0.03	0.57
2	657	30315	2.76	2.70	2.53	2.66
2	658	30168	2.61	2.94	3.02	2.86
2	664	30191	-1.82	-0.76	0.14	-0.81
2	676	30201	0.49	0.00	-0.20	0.10



Tabel B.3 Klassificering i nedbørsklasse 3: Intensiteter med varigheder over 12 timer samt bassin- og overløbsvolumen for lille afløbstal. Skravering angiver stationer der ligger over 97.5% fraktilen ($U = 2$) eller under 2.5% fraktilen ($U = -2$).

Region	ÅMN [mm]	Station nr.	$1 \leq T \leq 5$	$5 \leq T \leq 20$	$20 \leq T \leq 100$	Middel
1	628	20304	2.54	3.23	3.61	3.13
1	631	20099	3.07	3.73	4.22	3.67
1	644	20097	3.36	4.19	4.85	4.13
1	646	22321	-0.07	-1.23	-1.63	-0.98
1	648	28184	-1.94	-1.85	-1.57	-1.79
1	655	20211	1.07	1.30	1.40	1.26
1	656	22554	0.48	0.08	-0.23	0.11
1	657	28186	-0.84	-0.63	-0.35	-0.61
1	661	22361	0.84	-0.13	-0.66	0.02
1	665	28183	-0.31	0.80	1.84	0.78
1	668	26481	-0.57	-1.11	-1.34	-1.01
1	669	28453	-2.43	-1.76	-1.12	-1.77
1	670	28181	-0.26	-0.25	-0.17	-0.23
1	696	23127	-1.24	-1.61	-1.66	-1.50
1	711	20461	0.06	0.47	0.79	0.44
1	711	23294	-1.81	-1.43	-0.98	-1.41
1	719	22421	-0.26	0.30	0.67	0.24
1	767	23321	-0.37	-0.47	-0.32	-0.39
1	775	25171	-0.32	-0.23	-0.29	-0.28
1	789	23261	-0.14	-0.73	-0.93	-0.60
1	789	26091	-0.65	-0.26	0.00	-0.30
1	813	23345	0.30	-0.32	-0.57	-0.20
1	818	26376	-0.33	-1.00	-1.13	-0.82
1	827	24292	0.53	0.27	0.17	0.32
2	515	29009	-1.41	-0.66	0.70	-0.46
2	522	32097	1.05	0.45	0.13	0.54
2	525	29429	-0.03	-0.23	-0.24	-0.16
2	543	31031	0.42	0.69	0.94	0.68
2	551	29041	-0.07	0.05	0.12	0.03
2	556	30353	-0.57	-0.48	-0.44	-0.50
2	563	31401	-1.12	-0.73	-0.08	-0.64
2	574	30351	0.40	0.45	0.46	0.44
2	574	30352	-0.88	-0.43	0.00	-0.44
2	576	30348	0.43	-0.55	-0.89	-0.34
2	578	31151	0.11	-0.55	-0.80	-0.41
2	580	30411	-0.23	-0.31	-0.24	-0.26
2	587	30451	1.17	1.41	1.59	1.39
2	593	30313	0.34	0.42	0.46	0.41
2	596	29354	-0.68	-1.14	-1.31	-1.04
2	597	31231	-1.12	-0.48	0.17	-0.47
2	598	30131	-0.99	-1.34	-1.45	-1.26
2	600	31511	-0.42	-0.84	-0.86	-0.71
2	603	30211	0.16	1.07	1.97	1.07
2	608	30312	-0.69	-0.53	-0.24	-0.49
2	609	30395	-0.29	-0.41	-0.43	-0.38
2	610	30311	0.91	0.97	0.95	0.94
2	610	30325	-0.58	-0.85	-0.74	-0.72
2	612	30316	-0.05	0.08	0.16	0.06
2	613	30386	-0.85	-1.18	-1.11	-1.05



2	616	30326	0.00	-0.76	-1.00	-0.59
2	617	30314	0.52	0.78	0.92	0.74
2	618	30031	-0.35	-0.62	-0.68	-0.55
2	619	30208	0.30	-0.02	-0.06	0.07
2	622	30318	0.90	0.56	0.35	0.60
2	630	30384	0.21	-0.25	-0.47	-0.17
2	633	30381	1.31	1.00	1.06	1.12
2	635	30319	0.39	0.76	0.91	0.69
2	638	30221	0.65	0.99	1.29	0.98
2	639	30317	0.86	0.56	0.31	0.58
2	640	30222	-0.41	-0.25	-0.13	-0.26
2	644	30309	-0.25	-1.00	-1.22	-0.82
2	644	30321	0.72	0.57	0.38	0.56
2	657	30315	2.19	2.69	3.18	2.69
2	658	30168	1.29	1.92	2.64	1.95
2	664	30191	-0.89	-0.16	0.35	-0.24
2	676	30201	0.26	-0.28	-0.48	-0.17