

**DANISH METEOROLOGICAL INSTITUTE**

————— **TECHNICAL REPORT** —————

**98-9**

**KORREKTION FOR FEJLKILDER  
AF DAGLIGE NEDBØRMÅLINGER  
I DANMARK**

**Flemming Vejen  
Peter Allerup  
Henning Madsen**



**DMI**

**COPENHAGEN 1998**

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1 INDLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>2 METODER TIL AT KORRIGERE MÅLT NEDBØR FOR FEJLKILDER .....</b>	<b>6</b>
2.1 MODEL TIL KORREKTION AF FLYDENDE NEDBØR.....	7
2.2 MODEL TIL KORREKTION AF FAST NEDBØR .....	8
2.3 MODEL TIL KORREKTION AF BLANDET NEDBØR .....	10
2.4 KORREKTION FOR LÆEFFEKT .....	13
2.5 KORREKTION FOR WETTING I PRAKSIS .....	14
2.6 KORREKTION HVIS V, T OG I ER UDENFOR GYLDIGHEDSOMRÅDE FOR MODEL .....	15
<b>3 SYSTEM TIL KORREKTION AF DAGLIGE NEDBØRMÅLINGER.....</b>	<b>16</b>
3.1 STATIONSNETTET I DANMARK - HVILKE VARIABLE MÅLES PÅ STATIONERNE? .....	17
3.2 REGIONSOPDELING AF DANMARK .....	18
3.3 DEFINITION AF BASISSTATIONER.....	18
3.4 HVORDAN HAR DATAGRUNDLAGET ÆNDRET SIG TILBAGE I TIDEN? .....	19
3.5 PROGRAM- OG FILSYSTEMET .....	20
3.5.1 <i>Oversigt</i> .....	20
3.5.2 <i>Generelt om programsyntaks</i> .....	23
3.5.3 <i>Fase 1 - datakontrol (program: OK_LIST)</i> .....	23
3.5.4 <i>Fase 2 - kontrol af nettet af basisstationer (program: BAS_LIST)</i> .....	29
3.5.5 <i>Fase 3 - beregning af afledede variable (program: BER_KORR)</i> .....	34
3.5.6 <i>Fase 4 - kontrol af nedbørstationer (program: NED_LIST)</i> .....	38
3.5.7 <i>Fase 5 - korrektion af punktnedbør (program: KORR_MAN)</i> .....	40
<b>4 BEREGNING AF METEOROLOGISKE VARIABLE.....</b>	<b>42</b>
4.1 BESTEMMELSE AF NEDBØRTYPEN .....	42
4.1.1 <i>Nedbørtypen ud fra vejrkoder</i> .....	43
4.1.2 <i>Nedbørtypen på basis af temperatur</i> .....	46
4.1.3 <i>Nedbørtypen ved en automatisk klimastation ud fra vejrkoder</i> .....	46
4.2 REGNINTENSITET .....	47
4.3 SNEPROCENT .....	48
4.4 MIDDELVÆRDI UNDER NEDBØR AF VINDHASTIGHED OG LUFTTEMPERATUR .....	50
4.5 SNETYKKELSE, WETTING OG FORDAMPNING.....	50
4.6 FAKTORER DER INDVIRKER PÅ USIKKERHEDEN PÅ ESTIMATET .....	51
<b>5 EKSEMPLER PÅ KORREKTION .....</b>	<b>55</b>
5.1 CASE STUDY: SNESTORMEN 1996 .....	55
5.2 KORREKTION AF EN NEDBØR TIDSSERIE SØNDERSØ 1979-1995 .....	55
<b>6 AFRUNDING OG FREMTID.....</b>	<b>58</b>

## LITTERATUR

## APPENDIKS

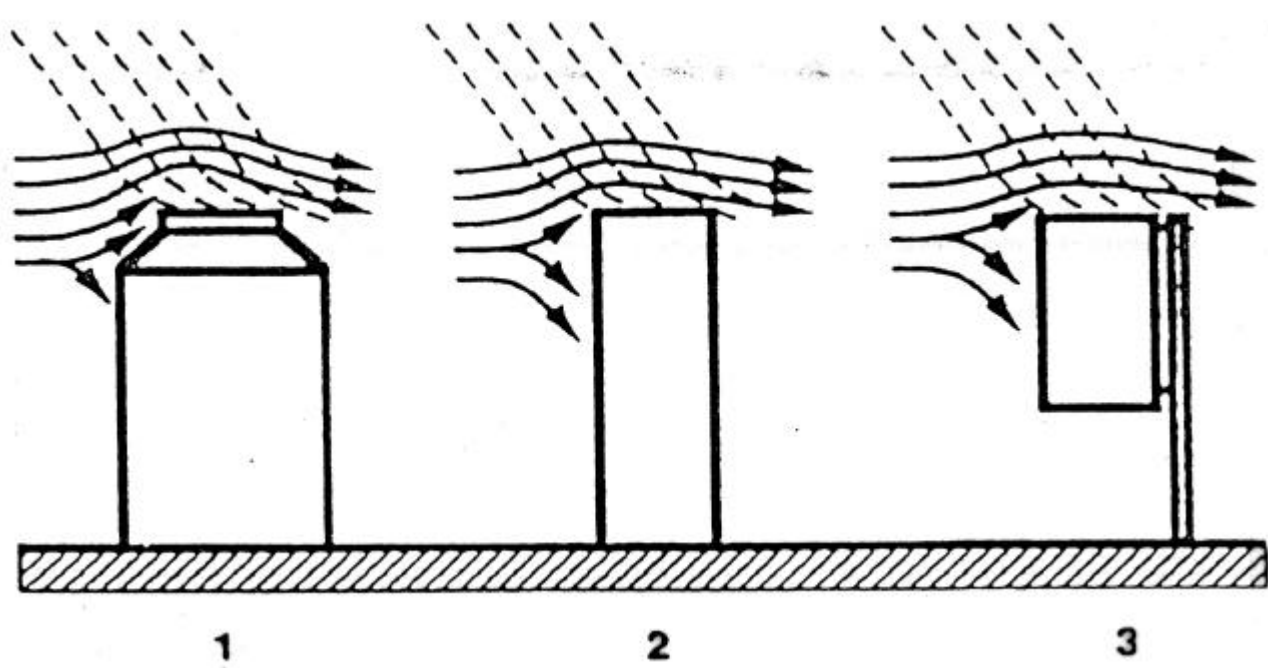
SAMMENLIGNING AF GAMLE OG NYE KODER FOR VEJRET (WW) OG VEJRETS FORLØB (W1,W2)

# 1 Indledning

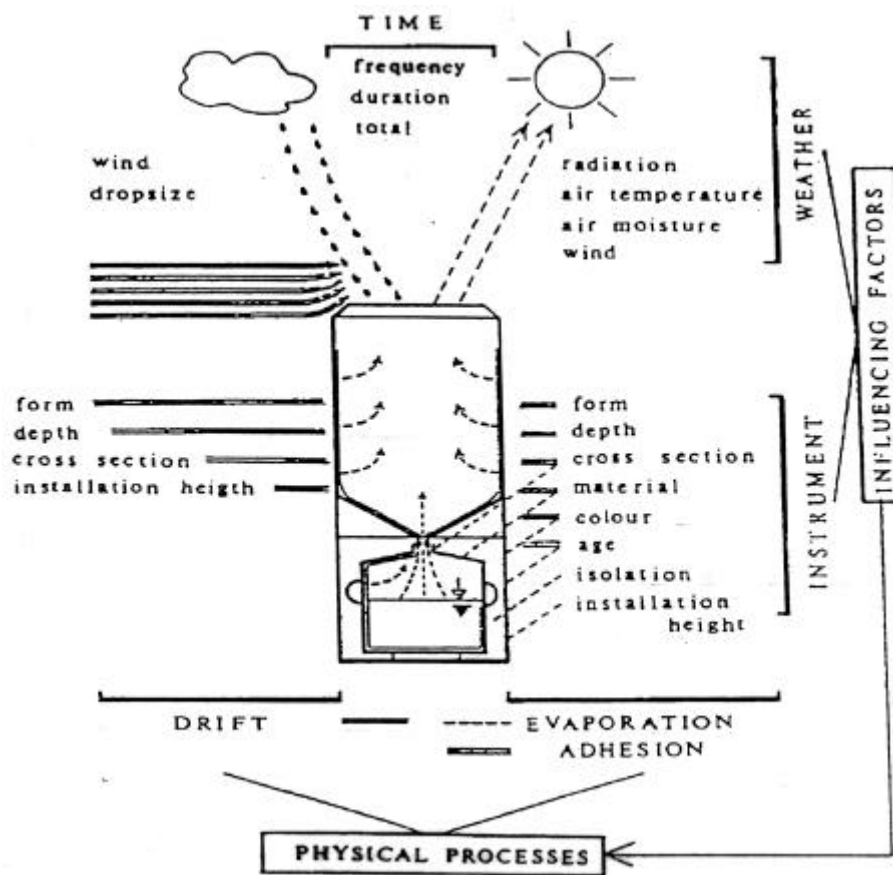
Nedbør er en af de vanskeligste meteorologiske variable at måle. Ved måling af punktnedbør med konventionelle nedbørmålere er der en række systematiske fejlkilder, hvoraf den største så afgjort er den aerodynamiske fejl eller vindeffekten (Robinson og Rodda, 1969, Green og Helliwell, 1972, Dahlström, 1973, Allerup og Madsen, 1979, 1980, 1986, og Allerup, Madsen og Vejen, 1997). En del af nedbørpartiklerne bliver af vinden blæst forbi eller endog op af nedbørmåleren som følge af turbulens omkring måleren. Et eksempel herpå er vist i figur 1.1, der groft skematisk viser vindfeltet og nedbørpartiklernes baner omkring en nedbør. Resultatet er, at nedbørmængden bliver underestimeret. Vindeffektens størrelse afhænger af vindstyrken, samt af nedbørpartiklernes og -målerens aerodynamiske egenskaber. Vindens indflydelse på målingen er størst for sne og mindst for regn. Ved vindhastigheder på bare 6 m/sek i målerhøjde 1.5m måler den danske Hellmann måler således kun ca. 20% af den sande snemængde.

En anden systematisk fejlkilde er wettingtabet, som er forårsaget af overfladeadhesion fra den indvendige side af nedbørmålerens tragt og målekanden. Derved bliver en mindre del af nedbøren tilbageholdt og fordamper helt eller delvis. Fejlen medfører et nedbørdeficit på ca. 5%.

Hvor stor fejlen på en nedbørmåling er, afhænger af et komplekst samspil af faktorerne vist i figur 1.2. De fysisk-meteorologiske betingelser i måleperioden samt nedbørmålerens design bestemmer, hvor stærkt de fysiske processer vinddrift, fordampning og adhæsion vil indvirke på nedbørmålingen. Det er nødvendigt at korrigere for disse fejlkilder (se figur 1.2), førend man kender "den sande nedbørmængde".



Figur 1.1. Skematisk fremstilling af vindfelt (pile) og nedbørpartiklernes baner (stiplede linier) omkring en nedbørmåler (WMO, 1997).



Figur 1.2. Skematisk fremstilling af relevante fysiske processer og instrument og vejrvariable, der har indflydelse på systematiske fejl på nedbørmålinger: vindeffekten, fordampning og wettingtab (WMO, 1997, efter Sevruk 1981).

Rundt om i verden har man derfor i mange år arbejdet med at estimere vindeffektens størrelse (f.eks. Tammelin, 1975, Sevruk, 1982). Formålet har været at samle data nok til at kunne udvikle robuste modeller, der kan korrigere for vindeffekten. I 1970'erne blev der ved DMI udviklet en model, der kan korrigere for vindeffekten på flydende nedbør (Allerup og Madsen, 1979, 1980, 1986). I perioden 1987-1993 var der målekampagner et stort antal felter rundt om i verden primært med henblik på at udvikle en standardmodel, der kan korrigere fast nedbør. Dette projekt foregik i WMO regi, "the Solid Precipitation Intercomparison Project". Udover mange andre lande, deltog DMI i projektet sammen med Sverige, Norge og Finland, og indsatsen blev koordineret i Nordic Working Group for Precipitation (Førland et al., 1996). Data blev opsamlet ved et forsøgsfelt i Jokioinen, Finland, 1987-93, og er blevet analyseret ved DMI. Resultatet er, at der nu er blevet udviklet modeller, der kan korrigere både fast og flydende nedbør samt nedbør af blandet type (Allerup, Madsen og Vejen, 1997).

De seneste år har der været stigende interesse for at overvåge grundvandsressourcerne i mange lande. Det er derfor af stor betydning, at der nu foreligger metoder til at korrigere den målte nedbørmængde, så der kan korrigeres for vilkårlige områder og perioder i Danmark. Når der er udarbejdet en egentlig klimatologi for hele landet over korrigeret nedbør, bliver det interessant at se på ændringerne og deres regionale fordeling.

Ovenstående motiverede udvikling af et system, der kan korrigere målt nedbørmængde for de nævnte fejlkilder for vilkårlige områder og perioder i Danmark. Nærværende rapport beskriver første version af et sådant system. Systemet er ikke gjort operationelt, men er blevet benyttet til at lave en række forundersøgelser, der har resulteret i en række erfaringer. Disse kan komme videreudvikling af metoder til gavn.

## 2 Metoder til at korrigere målt nedbør for fejlkilder

Nedbør er på fast og flydende eller blandet form, som er slud eller en kombination af fast og flydende nedbør. For at gøre sprogbruget lettere, vil fast nedbør i det følgende blive kaldt sne og flydende for regn. For at kunne korrigere målt nedbør for den aerodynamiske effekt er der blevet opstillet en korrektionsmodel for hver af de tre nedbørtyper:

- Flydende nedbør (regn)
- Fast nedbør (sne, hagl)
- Blandet nedbør (slud og/eller en kombination af sne og regn)

Den generelle model for korrektion af vindeffekt, som er blevet anbefalet af Nordic Working Group for Precipitation (Førland et al., 1996) er:

$$P_c = kP_g = k(P_m + \sum \Delta P_{im}) \quad (1)$$

hvor  $P_c$  er den korrigerede eller "sande" nedbørmængde,  $P_g$  er den opfangede mængde,  $P_m$  er nedbøren målt i nedbørmåleren,  $\sum \Delta P_{im}$  er summen af fejlkilder, der ikke skyldes vindpåvirkning, såsom wetting og fordampning, og  $k$  er en korrektionsfaktor, med hvilken der bliver korrigeret for vindeffekten. For regn er  $k$  en funktion af vindhastighed i målerniveau og regnintensitet (Allerup og Madsen, 1979, 1980), for sne en funktion af vindhastighed og temperatur, mens blandet nedbør behandles dels som sne og dels som regn og derfor både er en funktion af vindhastighed, regnintensitet og temperatur (Allerup, Madsen og Vejen, 1997).

I praksis får man den "sande" nedbørmængde,  $P_c$ , som en opfanget mængde målt af en referencemåler  $P_r = R_m + \sum \Delta R_{im}$ , hvor nedbøren målt af referencemåleren,  $R_m$ , er blevet korrigeret for de øvrige fejlkilder ved  $\sum \Delta R_{im}$ . Nu kan (1) formuleres som:

$$R_m + \sum \Delta R_{im} = k(P_m + \sum \Delta P_{im}) \quad (2)$$

For at kunne beregne  $k$ , skal der korrigeres for de øvrige fejlkilder, hvilket primært vil sige for wetting og fordampning. Således er  $k$  forholdet mellem nedbøren opfanget af en referencemåler,  $P_r$ , og nedbøren opfanget af en nedbørmåler,  $P_g$ :

$$k = P_r / P_g \quad (3)$$

Wetting og fordampningstabet bliver på denne måde også korrigeret for den aerodynamiske effekt. Størrelsen af wettingtabet for den danske Hellmann måler er fundet ved undersøgelser i Danmark, og er givet som standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned for hhv. sne, blandet nedbør og regn (tabel 2.1). Også fordampningstabet er blevet undersøgt, men da det er ubetydeligt for den danske Hellmann måler, kan der ses bort fra det (tabel 2.2).

Nu kan den samlede korrektion for vindeffekten udtrykkes som en vægtet sum af korrektionsfaktorerne for regn (r), blandet nedbør (b) og sne (s):

$$k = (k_r P_{gr} + k_b P_{gb} + k_s P_{gs}) / (P_{gr} + P_{gb} + P_{gs}) \quad (4)$$

wettingtab	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
flydende nedbør	0.16	0.18	0.25	0.33	0.23	0.25	0.25	0.23	0.20	0.16	0.22	0.17
fast nedbør	0.17	0.19	0.27	0.35	-	-	-	-	-	-	0.23	0.18
blandet nedbør	0.12	0.14	0.19	0.23	-	-	-	-	-	-	0.17	0.13

Tabel 2.1. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for en Hellmann måler (Allerup og Madsen, 1979).

Fordampningstab	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
pr. nedbørdøgn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00

Tabel 2.2. Fordampningstab i mm pr. nedbørdøgn for en Hellmann måler (Allerup og Madsen, 1979).

## 2.1 Model til korrektion af flydende nedbør

På basis af omtrent 700 målinger af døgnnedbør, vindhastighed under nedbør og regnintensitet er der opstillet en model (5) for korrektion for vindeffekten på regn (Allerup og Madsen, 1979, 1980) målt i Hellmann måleren. Referencemåleren var placeret i terrænhøjde omgivet af en metalrist, der skulle forhindre indstænk i måleren. Ud fra observerede forskelle mellem en Hellmann måler og en pit måler (nedbørmåling i terrænhøjde) blev følgende generelle udtryk for korrektionsfaktoren for vindeffekt formuleret:

$$k_r = e^{\alpha_0 + \alpha_1 V + \alpha_2 \ln I + \alpha_3 V \ln I} \quad (5)$$

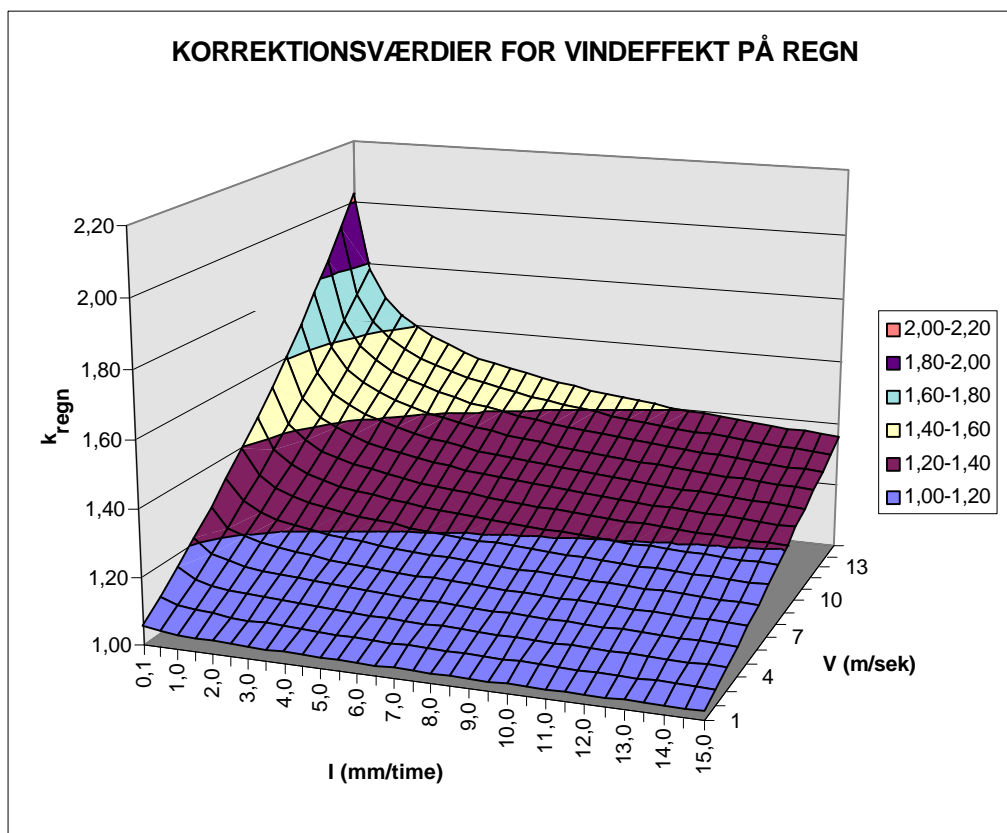
hvor V er middelvindhastigheden i m/s under nedbør i nedbørmålerens højde og I er regnintensiteten i mm/time. For den danske Hellmann måler har de empiriske konstanter værdierne  $\alpha_0=0.007697$ ,  $\alpha_1=0.034331$ ,  $\alpha_2=-0.00101$  og  $\alpha_3=-0.012177$ . Pga. begrænsningerne i det empiriske materiale anbefales det, at denne model kun bruges i intervallerne  $0 \leq V \leq 15$  (m/sek) og  $0 \leq I \leq 15$  (mm/time). Figur 2.1 viser størrelsen af  $k_r$  som funktion af I og V.

Det blev overvejet, om regnintensiteten skulle måles i terrænhøjde, eller om målingerne skulle foregå i samme højde som Hellmann måleren og dermed være influeret af vindfeltet. Argumentet for at benytte vindpåvirkede intensiteter var, at det skulle være muligt at benytte modellen i praksis. Hvis den sande regnintensitet kunne måles ved en station, ville der ikke være nogen grund til at korrigere den målte nedbørmængde.

Intensiteten blev målt med en pluviograf, som har omtrent samme aerodynamiske egenskaber som en Hellmann måler. Hvis modellen skal kunne resultere i et korrekt estimat af korrektionsfaktoren og usikkerheden være den, der er givet af modellen, bør forudsætningerne for modellen være opfyldt. Altså at I bliver målt med enten en pluviograf eller en måler med tilsvarende egenskaber. Bliver I målt med et instrument, hvis aerodynamiske egenskaber afviger fra pluviografens, kan det medføre bias på korrektionsestimaterne. Bias kan dæmpes ved at korrigere målingerne af I med en faktor, der bliver udledt empirisk ved at sammenligne regnintensiteter, som på den ene side er målt med pluviograf eller tilsvarende og på den anden side målt med det instrument, der resulterer i bias.

Forud for de empiriske analyser af data blev forskellige eksperter i meteorologi konsulteret for at sikre, at det gav fysisk mening af udtrykke  $k_r$  som funktion af I og V. I stedet for I ville det rigtigste have været at benytte dråbestørrelsesfordelingen i udtrykket, men da modellen skal være brugbar i praksis, duer denne idé ikke. Resultatet af analyser af dråbestørrelsesfordelinger og regnintensitet underbygger at benytte

regnintensiteten istedet (Allerup og Madsen, 1979). Ud fra en 3-dimensionel matematisk-fysisk beskrivelse har Folland (1988) formuleret vindens flow omkring en nedbørmåler, og det har vist sig, at hans teoretiske betragtninger stemmer nøje overens med resultaterne af den empiriske korrektionsmodel.



Figur 2.1. Korrektionsfaktor  $k$  som funktion af  $I$  og  $V$  for regn.

## 2.2 Model til korrektion af fast nedbør

I tidsrummet 1987-1993 deltog Danmark sammen med de øvrige nordiske lande i et projekt under WMO, som gik ud på at sammenligne målinger af fast nedbør. Formålet var at udvikle en model, der kunne korrigerer fast nedbør for den aerodynamiske fejl. Det nordiske samarbejde var primært koncentreret om at måle fast nedbør på et forsøgsfelt i Jokioinen, Finland. Forskellige landes nationale nedbørmålere blev sammenlignet med en referencemåler af typen Tretyakov, som var placeret i en dobbelt Valdai fence. Det er et læhegn, som reducerer vindhastigheden omkring måleren så meget, at vindeffekten på nedbørmålingen er næsten ubetydelig.

I løbet af de 6 vintre, målingerne varede, blev der opsamlet data fra omkring 325 halvdøgn med snedebør. Udover manuelle målinger af nedbørsummen blev en lang række meteorologiske variable målt hvert 10. Minut, bl.a. vindens hastighed og retning samt luftens temperatur og fugtighed. Ved hjælp af en automatisk nedbørmåler (den norske Geonor), der gav oplysninger om tidspunktet for nedbør, var det muligt at beregne middelvindhastighed og -temperatur under nedbør med ret stor nøjagtig. Endvidere blev nedbørtyper observeret manuelt meget ofte (Madsen, 1995, og Vejen, 1994). De manuelle nedbørmålere blev tømt to gange i døgnet og nedbørmængden blev målt både i måleglas og ved vejning. Ved at benytte den vejede nedbørmængde til modeludvikling kunne wettingtabet omtrent negligeres. Det samme kunne fordampningstab, da det er nær nul om vinteren.



Temp (°C)	Vindhastighed i målerhøjde (m/sek)						
	1	2	3	4	5	6	7
-10.0	1.28	1.84	2.67	3.88	5.64	8.19	11.91
-9.5	1.28	1.82	2.63	3.80	5.48	7.89	11.38
-9.0	1.28	1.81	2.60	3.71	5.32	7.61	10.88
-8.5	1.28	1.80	2.56	3.63	5.16	7.33	10.40
-8.0	1.28	1.79	2.52	3.56	5.01	7.06	9.95
-7.5	1.28	1.78	2.49	3.48	4.86	6.80	9.51
-7.0	1.28	1.77	2.45	3.40	4.72	6.55	9.09
-6.5	1.28	1.76	2.42	3.33	4.59	6.31	8.69
-6.0	1.28	1.74	2.38	3.26	4.45	6.08	8.31
-5.5	1.28	1.73	2.35	3.19	4.32	5.86	7.94
-5.0	1.28	1.72	2.32	3.12	4.20	5.65	7.59
-4.5	1.28	1.71	2.28	3.05	4.07	5.44	7.26
-4.0	1.28	1.70	2.25	2.99	3.96	5.24	6.94
-3.5	1.28	1.69	2.22	2.92	3.84	5.05	6.64
-3.0	1.28	1.68	2.19	2.86	3.73	4.86	6.34
-2.5	1.28	1.67	2.16	2.80	3.62	4.69	6.07
-2.0	1.28	1.66	2.13	2.74	3.51	4.51	5.80
-1.5	1.28	1.65	2.10	2.68	3.41	4.35	5.54
-1.0	1.28	1.64	2.07	2.62	3.31	4.19	5.30
-0.5	1.28	1.62	2.04	2.56	3.22	4.04	5.07
0.0	1.28	1.61	2.01	2.51	3.12	3.89	4.84
0.5	1.28	1.60	1.98	2.45	3.03	3.75	4.63
1.0	1.28	1.59	1.96	2.40	2.94	3.61	4.43

Tabel 2.3. Beregnet korrektionsfaktor  $k_s$  for Hellmann måleren. For  $V=1$  er benyttet middel  $k_s$  for alle  $T$ -værdier.

Tidligere har Hamon (1973) og Aune og Førland (1985) argumenteret for, at et generelt udtryk for korrektion af snedebør for vindeffekt har den matematiske struktur:

$$k = e^{(T) \cdot V} \quad (6)$$

der siger, at korrektionsfaktoren  $k$  afhænger af både lufttemperatur  $T$  og vindhastighed  $V$  under nedbør. Set med fysiske briller er  $T$  kun et indirekte mål for den variabel, der er den egentlig interessante. Det er snedebørens dannelsesstemperatur, idet der er en klar sammenhæng mellem denne, snekrystallernes form og vindeffekten på dem. Som for regnmodellen skal en korrektionsmodel være anvendelig i praksis, så vi må lade lufttemperaturen  $T$  indgå i formlen og acceptere, at modellens struktur bliver mere udvisket som følge af mere støj på data. Datamaterialet godtgjorde en modelstruktur, der følger Hamon (1973), og som er af samme type som for den flydende nedbør. Korrektionsfaktoren  $k_s$  er herved givet ved følgende udtryk (Allerup, Madsen og Vejen, 1997):

$$k_s = e^{b_0 + b_1 \cdot V + b_2 \cdot T + b_3 \cdot V \cdot T} \quad (7)$$

hvor  $T$  er middeltemperaturen under nedbør, og  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  og  $\beta_3$  er empiriske konstanter, der for den danske Hellmann måler har følgende værdier:  $\beta_0 = -0.04587$ ,  $\beta_1 = 0.23677$ ,  $\beta_2 = 0.017979$  og  $\beta_3 = -0.015407$ . Modellen bør kun benyttes for kombinationer af  $V$  og  $T$ , der ligger indenfor det empiriske datamateriale, altså i intervallerne for  $0 \leq V \leq 7$  (m/sek) og  $-12 \leq T \leq 1$  (°C). Korrektionsfaktoren  $k_s$  som funktion af  $V$  og  $T$  ses af tabel 2.3 (fra Allerup, Madsen og Vejen, 1997).

### 2.3 Model til korrektion af blandet nedbør

Strengt taget er blandet nedbør blot slud, regnblandet sne eller sneblandet regn. Blandet nedbør bliver i modellen ikke betragtet som en "øjeblikstype", men derimod som nedbørstypen set over en observationsperiode; altså blandet nedbør, hvis der er faldet slud og/eller sne og regn. Denne skelnen er praktisk, fordi det på det foreliggende datagrundlag har vist sig at være umuligt at lave en korrektionsmodel for slud, i hvilken der indgik relationen mellem korrektioner  $R_t/H_t$ , og kontrollerende meteorologiske variable såsom vindhastighed  $V$ , temperatur  $T$  og regnintensitet  $I$ .  $R_t$  og  $H_t$  er nedbørmængden målt i hhv. en referencemåler og en Hellmannmåler for observationen  $t$ . Årsagen hertil var betydelig støj i data, blandt andet fordi nedbørmængderne ikke blev målt separat for slud.

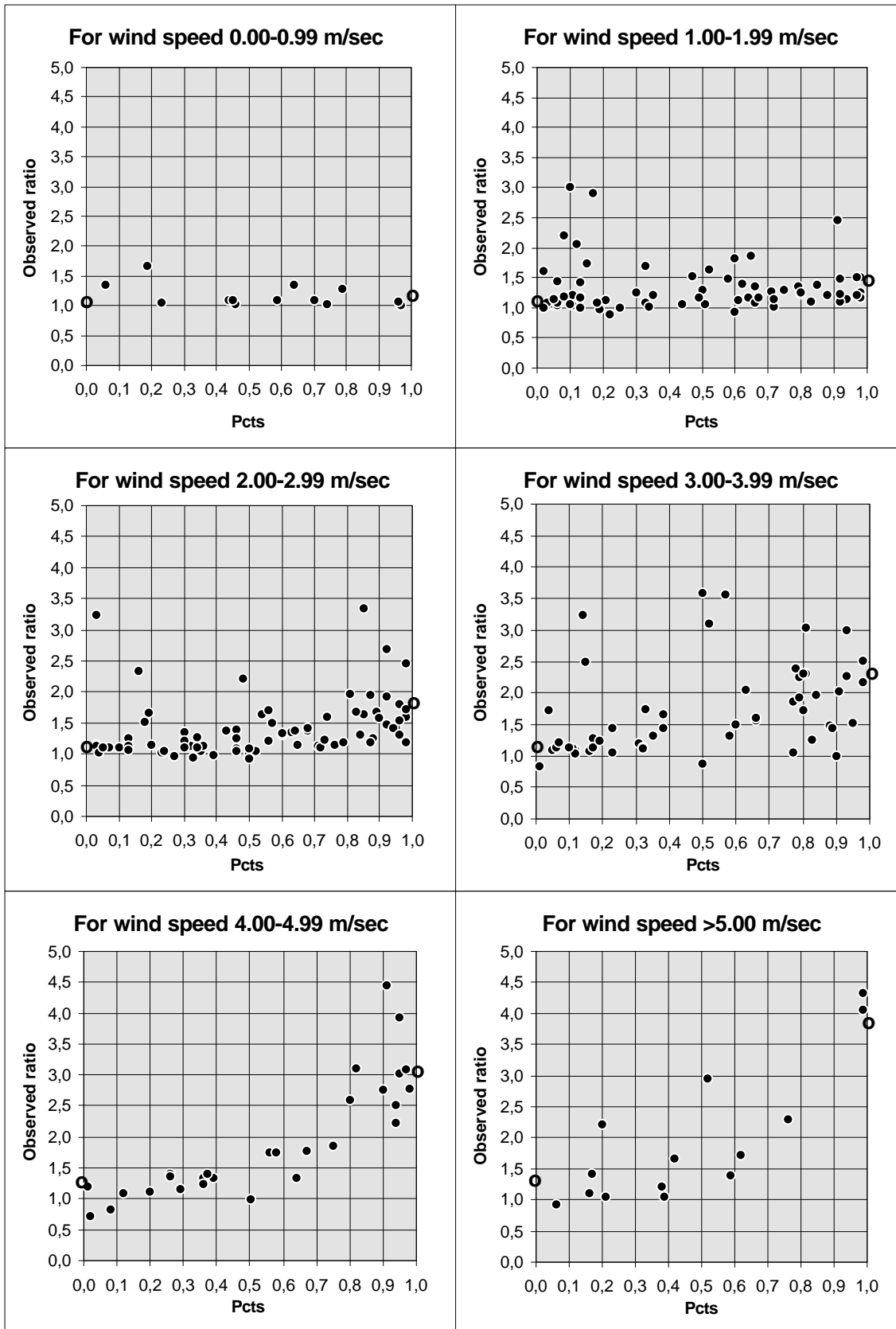
Blandet nedbør bliver altså betragtet som sammensat af to forskellige typer nedbør, der er adskilt fra hinanden i tid: sne og regn, hvor nedbørmængderne bliver korrigeret med hhv. modellen for sne og for regn. Korrektionsmodellerne for sne og regn siger, at de kontrollerende faktorer er hhv.  $V, T$  og  $V, I$ . Det stod klart, at indflydelsen af temperatur og regnintensitet på den observerede rate  $R_t/H_t$  ville afhænge af mængden af sne i den blandede nedbørhændelse, hvilket ikke er overraskende. Det ses klart af figur 2.2, som for fastholdt vindhastighed  $V$  viser, hvordan korrektionsfaktoren  $R_t/H_t$  varierer i relation til, hvor stor en del af nedbøren, der faldt som sne (sneprocent= $pcts$ ). For given  $V$  er det tydeligt, at det forventede niveau for korrektionen  $R_t/H_t$  ændrer sig med sneprocenten  $pcts$ : lavest korrektion for  $pcts$  værdier nær 0, svarende til en nedbørhændelse næsten kun med regn. Man kan derfor forvente, at de observerede korrektionsværdier  $R_t/H_t$  for lave  $pcts$  passer godt med modellen for regn, og tilsvarende med modellen for sne ved høje  $pcts$  værdier. Figur 2.2 viser, at dette holder. Cirklerne i figuren viser modelforventede korrektioner, når der bliver benyttet middelværdier af regnintensitet (1.0 mm/time) og temperatur (-2.0°C).

En nærliggende løsning for korrektion af blandet nedbør er at korrigere de to delmængder  $\Delta S$  (mm sne) og  $\Delta R$  (mm regn) separat ved hjælp af modellerne for sne og regn. Hovedproblemet er nu at finde ud af, hvor stor en del af nedbøren, der faldt som sne og regn. Da dette ikke bliver målt, finder vi en genvej. Figur 2.3 viser en relation mellem to forskellige måder at beregne  $pcts$ : den ene giver, hvor lang tid der faldt sne i forhold til den totale nedbørperiode, den anden giver, hvor stor en del af den samlede nedbørmængde, der faldt som sne.

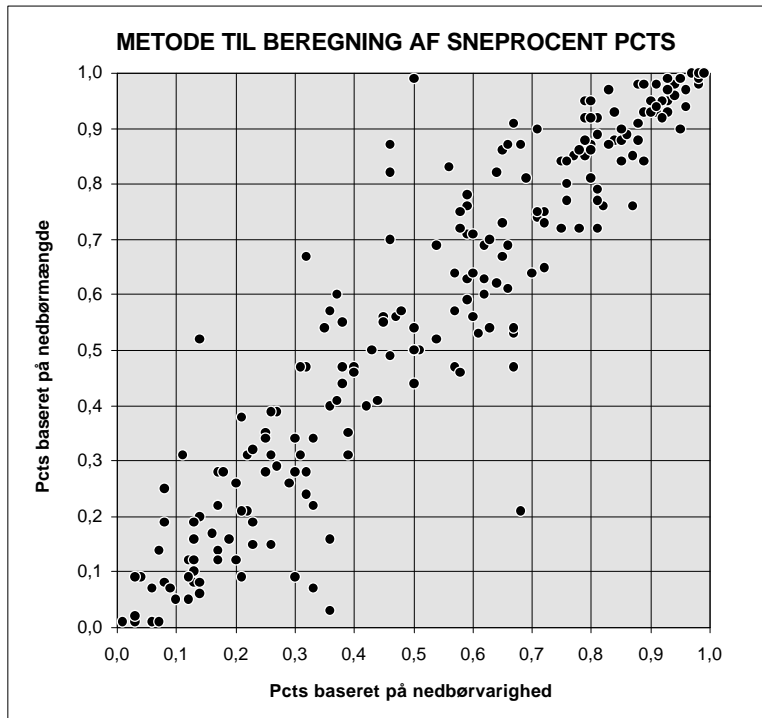
Den lineære relation i figuren viser, at det i langt de fleste tilfælde vil give tilfredsstillende resultater at benytte simple observationer af nedbørens varighed. I praksis mangler sådanne oftest, så her må man igen ty til indirekte metoder. Den ene metode er at omsætte WMO vejrkode til nedbørvarighed, den anden er at knytte observationer af lufttemperatur til nedbørstypen. Figur 2.4 viser, hvordan et groft estimat af  $pcts$  kan fås ud fra en velkendt relation mellem nedbørstype givet ved  $pcts$  og lufttemperatur  $T$ .

Blandet nedbør skal således korrigeres separat ved hjælp af de respektive korrektionsmodeller. Dette sker ved at bestemme en kombineret korrektionsfaktor, som bliver beregnet som et vægtet middel, hvor sneprocenten= $pcts \in [0,1]$ :

$$k_b = pcts \cdot e^{b_0 + b_1 V + b_2 T + b_3 VT} + (1 - pcts) \cdot e^{a_0 + a_1 V + a_2 \log I_0 + a_3 V \log I_0} \quad (8)$$

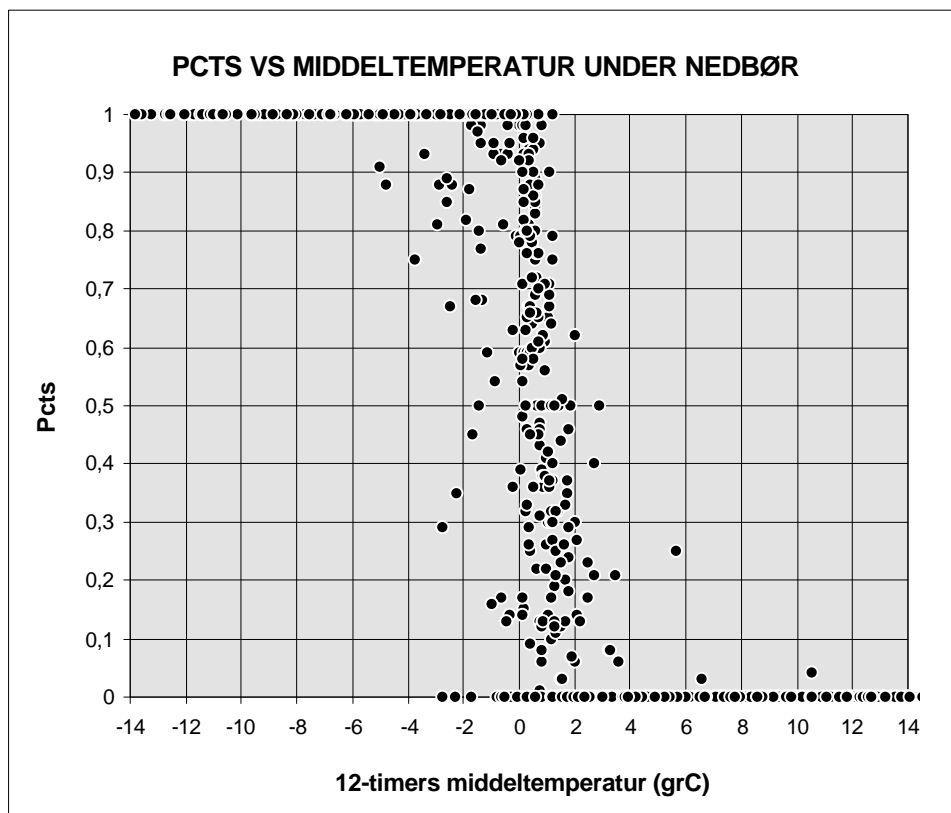


Figur 2.2. Variation i  $R/H_t$  for fastholdt vindhastighed  $V$  i relation til, hvor stor en del af nedbøren der faldt som sne (pcts). De åbne punkter er modelforventede korrektioner, når der bliver benyttet en middel regnintensitet (1.0 mm/time) og en middeltemperatur ( $-2.0^{\circ}\text{C}$ ).



Figur 2.3. Sneprocenten beregnet på to forskellige måder: (1) pcts baseret på snenedbørens varighed i forhold til den totale nedbørperiode, og (2) pcts baseret på snemængden i forhold til den totale nedbørmængde.

Bemærk, at istedet for  $I$  benyttes en typisk værdi  $I_0$ , som ikke er baseret på den aktuelle nedbørhændelse. Dette vil sædvanligvis lede til det mest nøjagtige estimat, men i tilfælde hvor nedbøren  $\Delta R$  er ligeligt fordelt over nedbørperioden  $\Delta P$ , kan raten  $\Delta R/\Delta P \approx I$  bruges i stedet.



Figur 2.4. Nedbørtypen givet ved pcts ved forskellige værdier af middeltemperatur under nedbør. Jokioinen, 1987-1993.

For også at kunne behandle egentlig slud i korrektionsmodellen, antages det, at slud kan behandles som lige dele sne og regn. Altså at den ene halvdel af slud nedbørmængden kan korrigeres som var det sne, og den anden halvdel som regn, således at pcts får værdien 0.5. Korrektionsfaktoren for slud er da blot gennemsnittet af korrektionsfaktorerne for flydende og fast nedbør. Om denne antagelse holder afhænger af, hvordan sludnedbøren er sammensat: består den af sneblandet regn, af regnblandt sne eller af noget midt imellem? For de enkelte nedbørhændelser kan korrektionen være forkert, men taget over en længere periode antages metoden at være det bedste bud på korrektion af egentlig slud.

## 2.4 Korrektion for læeffekt

Korrektionsmodellerne er baseret på nedbørmængder målt af frit eksponerede nedbørmålere. De fleste nedbørmålere i Danmark, og for så vidt også i mange andre lande, er placeret på steder med læ, som giver anledning til en reduceret vindeffekt. Derfor må vindhastigheden  $V$  reduceres med en lækorrektionsfaktor  $\gamma$ , så den er i overensstemmelse med læforholdene. Lækorrektionsfaktoren udtrykker, hvor godt en nedbørmåler står i læ, og dermed hvor godt vindhastigheden omkring måleren bliver reduceret. Empiriske studier i Rusland og Schweiz (Sevruk, 1988) har vist, at lækorrektionsfaktoren  $\gamma$  kan beskrives ved:

$$g = 1 - K \cdot h \quad (9)$$

hvor  $\eta$  er højdevinklen for lægiveren målt i grader, og  $K$  er en konstant, der ved empiriske undersøgelser i Rusland er blevet fundet til 0.024 (Sevruk, 1988). Højdevinklen er vinklen mellem horizontalplanen og sigtelinien mellem nedbørmålerens øverste kant i 1.5m højde og overkanten af lægiveren, der kan være træer, bygninger o.lign. Hvis højdevinklen har forskellige værdier rundt om nedbørmåleren, hvilket er det almindeligste, fås et mere repræsentativt mål for læforholdene ved at bestemme en vægtet middelhøjdevinkel  $\eta$ :

$$h = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^J \eta_i p_i \quad (10)$$

hvor  $\eta_i$  er højdevinklerne i  $J=8$  retninger, som hver er blevet vægtet med standardværdier af vindhyppigheden under nedbør  $p_i$ . Værdier af vægtningskoefficienten  $p_i$  for nedbør i forskellige vindretninger er baseret på 11 års vind- og nedbørmålinger (Allerup og Madsen, 1979) og fremgår af tabel 2.4.

Vindretning	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	vindstille
$p_i$	0.054	0.056	0.085	0.136	0.196	0.225	0.165	0.058	0.025

Tabel 2.4. Værdier af vægtningskoefficient  $p_i$  fundet ved analyser af vind- og nedbørobervationer 1963-1973 (Allerup og Madsen, 1979).

En lægiver står for tæt på nedbørmåleren, når højdevinklen er over  $30^\circ$ . Noget af nedbøren vil da blive fanget af lægiveren ved interception i stedet for at nå frem til nedbørmåleren (Førland et al., 1996), og det vil resultere i for stor korrektion af den målte nedbør, hvis lækorrektionsfaktoren  $\gamma$  alligevel benyttes. Der findes ikke metoder, der kan korrigere for denne systematiske fejl.

Lækklasse	Benævnelse	Højdevinkel $\eta$	$F_{1979}$	$F_K$ for regn	$F_K$ for sne
A	Velbeskyttet	$19^\circ < \eta \leq 30^\circ$	0.50	0.57	0.44
B	Moderat beskyttet	$5^\circ < \eta \leq 19^\circ$	0.75	0.78	0.70
C	Ubeskyttet	$0^\circ \leq \eta \leq 5^\circ$	1.00	1.00	1.00
D	Overbeskyttet	$\eta > 30^\circ$	-	-	-

Tabel 2.5. Definition af læklasser A, B, C og D, samt værdier af den justeringsfaktor  $F$ , der skal benyttes til at korrigere nedbørkorrektionsprocenten for læforholdene. Vist er  $F_{1979}$  fundet ved empiriske studier (Allerup og Madsen, 1979), samt  $F_K$ , som er estimeret ved at benytte Sevruks metode vist i formel (9) til justering af vindhastigheden for læforholdene (Sevruk, 1988), men med  $K=0.018$ .  $F_K$  er beregnet for sne og regn ved typiske værdier af vindhastighed, regnintensitet og temperatur.

Eksperimenter har vist, at nedbørstationer kan inddeles i forskellige læklasser, A, B, C og D, hvori nedbørmåleren er hhv. velbeskyttet, moderat beskyttet, ubeskyttet og overbeskyttet for vinden (Allerup og Madsen, 1979, Frich et al., 1997). Disse klasser er karakteriseret ved bestemte højdevinkelværdier (Frich et al., 1997) og er vist i tabel 2.5. Værdien af  $K$  i udtryk (9) er ikke universel, idet  $K=0.018$  giver de bedste resultater for danske forhold. Dette fremgår af tabel 2.5, der viser med hvilken faktor  $F$  nedbørkorrektionsprocenten skal justeres i de forskellige læklasser for sne såvel som regn ved typiske værdier af vindhastighed  $V$ , temperatur  $T$  og regnintensitet  $I$ . I tabellen er vist justeringsfaktorer for A, B og C stationer fundet ved empiriske studier af korrektioner,  $F_{1979}$  (Allerup og Madsen, 1979), til sammenligning med justeringsfaktorer  $F_K$  beregnet ved brug af  $K=0.018$ . Der er benyttet  $V=4$  m/sek og  $I=1.5$  mm/time for regn hhv.  $V=4$  m/sek og  $T=-1^\circ$  for sne.

## 2.5 Korrektion for wetting i praksis

Modellen for flydende nedbør blev udledt på basis af nedbørmålinger, som var influeret af wetting. For fast nedbør blev modellen imidlertid udledt ud fra vejede nedbørmængder, hvorved wetting omtrent kunne negligeres. Det betyder i praksis, at for flydende nedbør skal wettingtabet  $w$  ikke korrigeres, fordi korrektionen herfor allerede indgår i det empiriske udtryk. Den korrigerede nedbørmængde bliver da:

$$P_c = k_r \cdot P_m + w \quad (11)$$

For fast nedbør indgår wettingtabet ikke i det empiriske udtryk, så wettingtabel skal også korrigeres:

$$P_c = k_r \cdot (P_m + w) = k_r \cdot P_g \quad (\text{jfr. (1)}) \quad (12)$$

For blandet nedbør stiller sagen sig lidt anderledes. Da korrektion af blandet nedbør er sammensat af de to modeller, følges udtryk (11), hvis sneprocenten  $p_{ct} < 0.5$ , altså når nedbørhændelsen mest ligner regn, og ellers udtryk (12), når hændelsen mest ligner sne ved  $p_{ct} \geq 0.5$ .

## 2.6 Korrektion hvis V, T og I er udenfor gyldighedsområde for model

Som tidligere nævnt bør der ikke beregnes en korrektionsfaktor, hvis middelværdien under nedbør af vindhastighed, temperatur eller regnintensitet har en størrelse, der ligger udenfor modellernes gyldighedsområde. I modsat fald er der risiko for overordentligt urealistiske estimater, da der ikke er belæg for at ekstrapolere estimaterne. Gyldighedsintervallet for den flydende model er som tidligere nævnt  $0 \leq V \leq 15$  (m/sek) i nedbørmålerhøjde 1.5m og  $0 \leq I \leq 15$  (mm/time), mens det for modellen for fast nedbør, og dermed også blandet nedbør, er  $0 \leq V \leq 7$  (m/sek) i målerhøjde og  $-12 \leq T \leq 1$  (°C). Årsagen er begrænsninger i det empiriske datamateriale. Problemet er størst for sne, og hvis målinger af snenedbør ved  $V > 7$  m/sek alligevel bliver korrigeret, kan resultatet blive en korrigeret sum af uhyrlig størrelse (se eksemplet i afsnit 5.1). I de 7 år, der blev foretaget målekampanjer i WMO projektet, var der få målinger ved højere vindhastigheder ( $\geq 10$  m/sek). Så der er i øjeblikket intet fingerpeg om, hvor stor vindeffekten er ved høje vindhastigheder. Da T i snemodellen er den mindst betydende variabel, giver det ikke problemer at korrigere for  $T > 1^\circ\text{C}$  når blot  $V \leq 7$  m/sek.

Altså er modelarbejdet ikke slut, da der bør indsamles målinger ved langt højere vindhastigheder, så modellernes gyldighedsområde kan udvides. Korrektion udover disse intervaller må således principielt afvente, at modellerne får udvidet deres gyldighedsområde efterhånden som egnede data bliver indsamlet. For nærværende giver dette et problem for korrektion af tidsserier. For selvom det er forholdsvis sjældent, at der falder nedbør ved høje vindhastigheder, sne ved lave hhv. høje temperaturer og regn ved kraftig intensitet, så vil det efterlade et problem at lade sådanne hændelser være ukorrigerede i en korrigeret nedbørtidsserie. Der er imidlertid intet fornuftigt alternativ hertil. For sne er der tillige et problem med snefygning, som ved relativt høje vindhastigheder kan give et stort bidrag til den målte mængde. Der bør indsamles og analyseres data for nedbørhændelser, hvor snefygning har haft effekt, så der kan udvikles passende korrektionsmetoder.

I praksis vil nedbørdata i det nuværende system forblive ukorrigerede, hvis middelværdien af V, T eller I ligger udover modelgrænserne.

### 3 System til korrektion af daglige nedbørmålinger

Formålet med korrektionssystemet er, ud fra en passende mængde meteorologiske observationer at korrigere samtlige nedbørmålinger i Danmark for aerodynamiske effekt og wettingtab. Det er ikke nødvendigt at korrigere for fordampning, da denne fejl er ubetydelig for Hellmann måleren, højst 0.8% pr. nedbørdøgn for regn i sommerhalvåret (tabel 2.2). Imidlertid er det forbundet med en del praktiske vanskeligheder at korrigere, og for at forstå disse er det nødvendigt at se på følgende punkter:

- Hvilke af de variable, korrektionsmodellen skal bruge, bliver målt ved stationerne?
- Med hvilken tidsopløsning bliver målingerne foretaget?
- Hvordan er stationsnettet i Danmark organiseret?
- Hvordan ændrer datagrundlaget sig tilbage i tiden?

I Danmark er der et net af forskellige slags stationer, hvor der bliver målt variable af interesse for systemet. Det er automatiske klimastationer, der måler hver time, synopstationer, hvor der for hovedpartens vedkommende bliver observeret hver 3. time, samt nedbørstationer, hvor der bliver målt én gang i døgnet.

Det er givet, at input variablene bør foreligge i en høj tidsopløsning. F.eks. skal det være muligt at bestemme middelværdien af vindhastighed og temperatur under nedbør samt regnintensiteten, for i modsat fald vil der uvilkårligt kunne være stor usikkerhed på estimatet. Et korrektionssystem bør derfor være opbygget omkring et net af stationer med hyppige målinger af de nødvendige variable.

For at kunne korrigere nedbøren, er det nødvendigt:

- at meteorologiske variable bliver målt kontinuerligt og i god tidsopløsning ved en række stationer,
- at stationsbeskrivende variable bliver bestemt ved jævnlige stationsbesøg,
- at de afledede størrelser, der indgår i korrektionsmodellerne, kan bestemmes ud fra de meteorologiske og stationsbeskrivende variable.

Forskellige stationsbeskrivende og meteorologiske variable skal altså være kendt ved et passende antal stationer: (1) nedbørvarighed for at kunne bestemme regnintensitet  $I$ , (2) vindhastighed  $v_g$ , der normalt bliver målt i 10m, men som skal transformeres til nedbørmålerniveau  $g$ , (3) lufttemperatur  $T$ , (4) sneetykkelse  $S$ , (5) nedbørtype  $p$ , dels for at være i stand til at vælge den korrekte delkorrektionsmodel, og dels for at kunne bestemme sneprocenten  $pcts$ , (6) tidspunkt for nedbør  $h$  for at kunne bestemme middelværdier under nedbør af  $R$ ,  $T$  og  $V_g$ , samt  $pcts$ , (7) vindretning  $R$ , højdevinkler  $\eta_i$  og læindex  $\eta$  for lægiverne omkring nedbørmåleren for at kunne korrigere for læeffekten, (8) wettingtabet  $w$ . De meteorologiske, stationsbeskrivende og afledede variable er opsummeret i tabel 3.1.



Type variable					
Meteorologiske		Stationsbeskrivende		Afledede	
Nedbørmængde	$P_m$	Højdevinkler i 8 retninger	$\eta_i$	Wettingtabet	w
Nedbørvarighed	D	Vindretningsvægtet læindex	$\eta$	regnintensitet	I
Vindhastighed	v			Middelvindhastighed under nedbør	$v_g$
vindretning	i			Middelvindretning under nedbør	R
Lufttemperatur	t			Middeltemperatur under nedbør	T
Nedbørtype	p			Sneprocent for nedbørperioden	pcts
Snetykkelse	S				
Nedbørtidspunkt	h				

Tabel 3.1 Oversigt over de variable, som den samlede korrektionsmodel skal benytte for at kunne korrigere den målte nedbør for den aerodynamiske effekt. Højdevinklen  $h_i$  skal være målt i kompasretningerne  $i = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ\}$ .

### 3.1 Stationsnettet i Danmark - hvilke variable måles på stationerne?

De stationer, der er relevante for korrektion af nedbør, er automatiske og manuelle klimastationer, automatiske og manuelle nedbørstationer samt synopstationer. De automatiske klimastationer, de manuelle nedbørstationer og synopstationerne er nogenlunde jævnt fordelt over hele landet (figur 3.1), men de automatiske nedbørstationer er i hovedsagen placeret tæt ved større byer.

For at et landsdækkende korrektionssystem skal kunne fungere ordentligt, er det vigtigt, at tidsopløsningen på målingerne er på et niveau, der gør det muligt at beregne de afledede størrelser med acceptabel nøjagtighed. De nødvendige variable skal også være målt ved et tilstrækkeligt antal stationer rundt om i landet, og læforholdene ved nedbørstationerne skal være velbeskrevet. Tabel 3.2 viser antallet af stationer og hvilke af de nødvendige meteorologiske variable, der bliver målet ved hver slags station. Principielt burde alle variable være målt ved nedbørstationerne, men da dette (naturligvis) ikke er tilfældet, må de manglende data i stedet skaffes på passende vis fra omkringliggende stationer med det nødvendige måleprogram.

Ingen af stationerne med et sådant program måler samtlige de variable, der er nødvendige for at kunne korrigere nedbøren. Omkring 14 automatiske klimastationer giver data hver time, men snedybden og nedbørtypen mangler. Ved 48 synop stationer er der målinger hver 3. eller 6. time, men her mangler nedbørvarigheden, så det er umuligt at beregne regnintensiteten nøjagtigt.

Stationstype	Betegnelse	Måler flg. meteorologiske variable	Tidsopløsning	Antal
Automatisk klima	aut_clima	$P_m, D, v, t, i$	1 time	14
Manuel klima	man_clima	$P_m, S$ $v, t, i, p$	24 timer 8 timer	21
Synop	synop_dk	$P_m, v, i, t, p, S$	3-6 timer	48
Automatisk nedbør	aut_precip	$P_m, D, h$	1 minut	70
Manuel nedbør	man_precip	$P_m$	24 timer	452

Tabel 3.2. Oplysninger om de forskellige stationstyper, der måler nedbør. Opgjort i 1996.

### 3.2 Regionsopdeling af Danmark

En måde at løse problemet med mangel på meteorologiske data ved nedbørstationerne er at benytte estimater, der fremkommer ved at interpolere mellem målinger fra omkringliggende stationer. En mere simpel løsning end dette er dog blevet valgt i første version af systemet. I denne løsning er Danmark blevet opdelt i regioner, der er blevet dannet som Thiessen polygoner (figur 3.1), i hvis centrum en såkaldt basisstation forsyner regionen med meteorologiske variable. Det er ved hjælp af disse, at regionens nedbørmålinger bliver korrigeret.

Selvom det ikke er den optimale løsning, kan det forsvares, fordi Danmark kan regnes for at være relativt homogent, idet topografien giver ikke anledning til dramatiske forskelle i nedbørforholdene, som det er tilfældet i bjergegne. Det antages, at der almindeligvis kun er begrænsede regionale forskelle i middelværdi under nedbør af vindhastighed og temperatur, når der arbejdes med områder af en størrelse som de viste polygoner. Vindhastigheden ved basisstationen må afspejle frit eksponerede forhold, ellers bliver korrektionerne for lave. I kystområder vil basisstationen ikke altid være repræsentativ pga. lokale variationer i vindhastigheden.

### 3.3 Definition af basisstationer

Basisstationerne er blevet nøje udvalgt blandt synop- og automatiske klimastationer. Grundlæggende krav til basisstationerne er, at de skal ligge inde i landet for at undgå kysteffekter, de skal helst være rumligt og tidsligt repræsentative og de skal tillige have fungeret stabilt gennem længere tid. For at få et net med en passende stationstæthed og et repræsentativt udsnit af stationer, er 12 automatiske klimastationer blevet valgt som basisstationer. Placeringen af dem i forhold til det øvrige nedbørnet fremgår af figur 3.1. Ved stationerne bliver der målt temperatur, vindretning og vindhastighed, samt målt nedbørmængde og -varighed med Geonor automatiske nedbørmålere, hvilket gør det muligt at beregne regnintensiteten.

Det har store fordele at benytte stationer med Geonor målere:

- Geonor kan potentiel måle i finere tidsopløsning end de nuværende 1 time.
- Sammenligninger mellem de automatiske nedbørmålere Geonor, Friedrich og RIMCO har vist, at Geonor er bedst til at registrere nedbørmængden uanset nedbørtypen (Vejen, 1994). Endvidere var den klart bedst til at registrere sne, og det er et overordentligt vigtigt resultat, da det suverænt er denne nedbørtype, der giver de største aerodynamiske fejl.

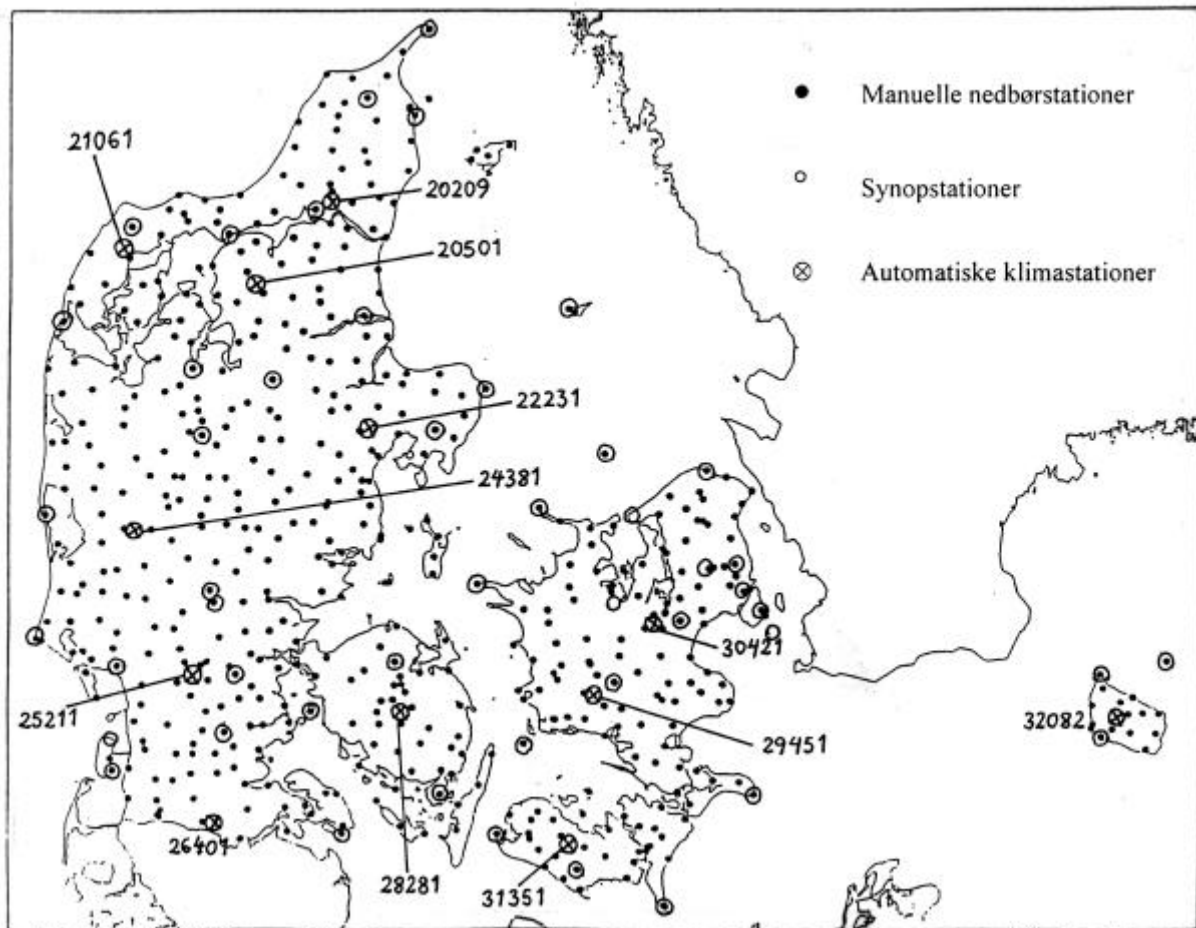
Da automatiske klimastationer ikke registrerer nedbørtypen, bliver nedbørtypen fra den nærmeste synopstation benyttet i stedet. I tilfælde af fejl eller manglende data ved en automatisk klimastation, bliver den erstattet med den nærmeste synopstation, som måler hver 3. time.

Da basisstationer skal foretage kontinuerlige målinger af de meteorologiske variable så hyppigt som muligt og samtidig være jævnt fordelt i landet, er basisstationerne primært automatiske klimastationer og sekundært synopstationer. Hvor godt stationsnettet end er designet, skal der ligge nødprocedurer klar i tilfælde af driftsforstyrrelser ved basisstationerne. Selvom basisstationerne er blevet valgt, så de har fungeret stabilt i lange perioder, kan der være problemer tilbage i tiden, idet data med tilstrækkelig tidsopløsning og kvalitet kun er tilgængelige for en begrænset periode. Dette

vil have betydning for kontinuitet og usikkerhed. De variable, der mangler ved en basisstation, må hentes fra andre datakilder, feks. kan en automatisk klimastation få nedbørtype og snetykkelse fra den nærmeste synopstation.

### 3.4 Hvordan har datagrundlaget ændret sig tilbage i tiden?

Det er formentlig problematisk at korrigere tilbage i tiden, fordi tidsopløsningen på og arten af data ikke har været konstant gennem længere tid. De automatiske klimastationer med Geonor nedbørmålinger har kun eksisteret fra omkring 1987, og i starten med datahuller og fejl. Før 1986 kan nettet af basisstationer således kun bestå af synopstationer. For perioden siden 1961 foreligger der synopdata fra et nogenlunde stabilt stationsnet, men tidsopløsningen på data har varieret. De ældre synopdata foreligger kun i 6 timers opløsning, hvorimod der i 1980'erne ved flere og flere stationer er blevet målt hver 3. time. Nogle stationer har i perioder endog målt hver time.



Figur 3.1. Basisstationernes placering. Endvidere er vist, hvor der er manuelle og automatiske nedbørstationer, samt synopstationer.

Der er således ikke blevet målt "på samme måde" altid, og der er ikke rumlig og tidsmæssig konsistens i data. Det er altså umuligt at lave en tidsmæssigt homogen opdeling af landet i regioner, og det kan være vanskeligt at sammenligne korrektionsestimater over tid. Som følge heraf er der sandsynligvis større usikkerhed på korrektion af ældre nedbørdata.

### 3.5 Program- og filsystemet

#### 3.5.1 Oversigt

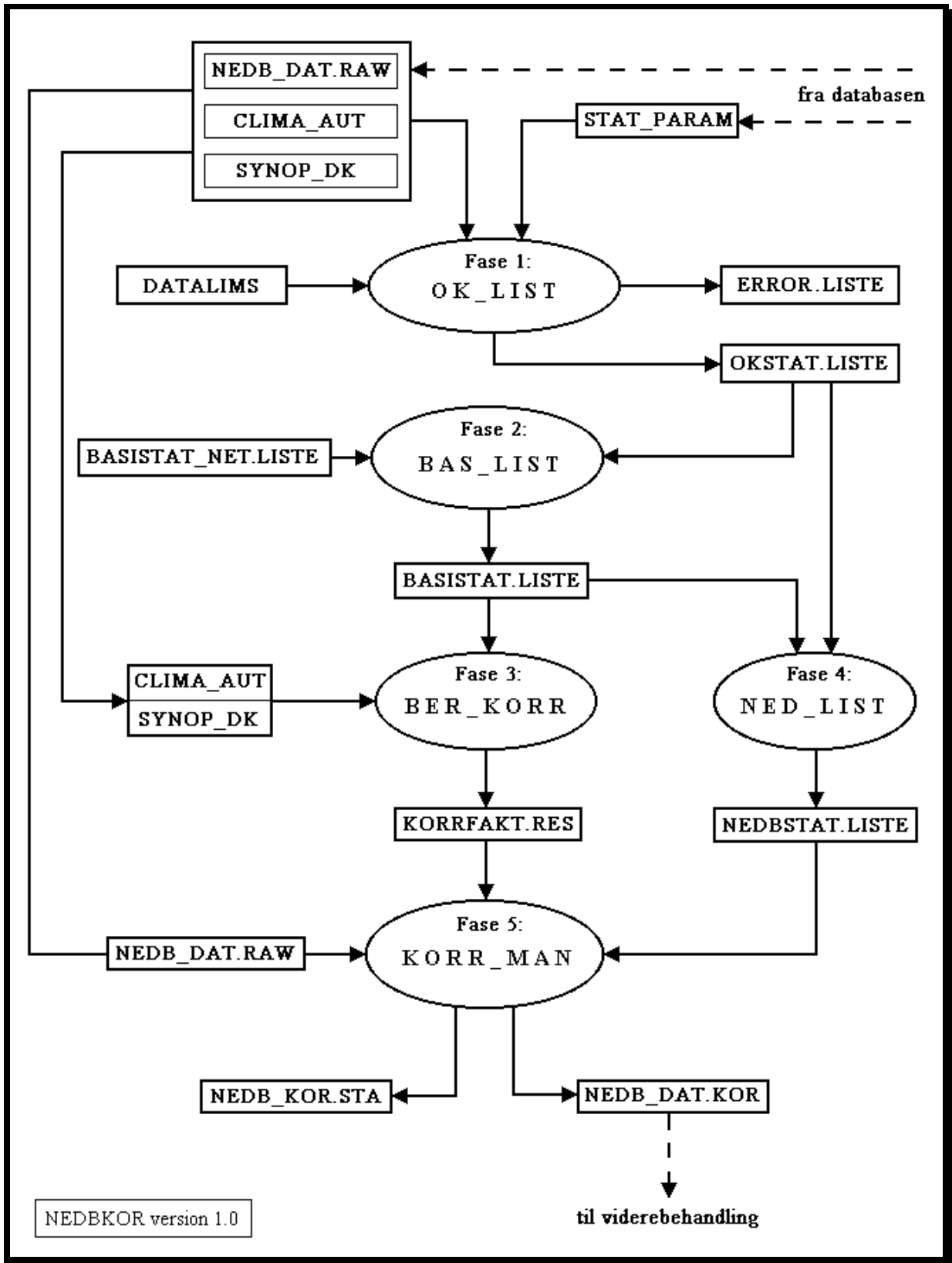
Korrektionssystemet kan kort formuleres som følger:

Danmark er opdelt i regioner omkring centrale basisstationer. Basisstationerne er primært automatiske klimastationer. De automatiske klimastationer får evt. oplysninger om nedbørstypen fra den nærmeste synopstation med nedbør. Kendskab til nedbørstypen er afgørende for hvilken del-korrektionsmodel, der skal benyttes. Data fra basisstationen i en region bliver benyttet til at korrigere samtlige nedbørmålinger indenfor regionen. Læforholdene foreligger ved samtlige nedbørstationer.

Opgaverne bliver løst af et programkompleks, NEDBKORR, der foreligger i version 1.xx. Der arbejdes med forbedringer, som vil lede frem til en mere strømlinet version 2. I det følgende vil blive beskrevet, hvordan programkomplekset er sat sammen, og hvordan det arbejder.

Systemet gennemløber 5 faser, i løbet af hvilke der ved støtte i en række data- og listefiler bliver korrigeret nedbørdata for et døgn ad gangen. Der bliver taget højde for en række fejlsituationer, så det altid kan lade sig gøre at korrigere nedbørmålingerne. Et flowdiagram for systemet er vist i figur 3.2. I det følgende vil blive givet en kort beskrivelse af programmernes funktion:

- *Fase 1 - datakontrol (program: OK\_LIST):* Data fra synopstationer, automatiske klimastationer og nedbørstationer kontrolleres for en række fejltyper: (1) om der er formatfejl, (2) om der mangler nogle af de meteorologiske variable, der skal bruges til at beregne korrektionens størrelse, (3) om der mangler hele observationer, og (4) om der er fejl i variablenes værdi, enten urealistiske værdier eller indre konsistensfejl. Endelig bliver det undersøgt, om tidspromptene i datafilerne er konsistente; start- og sluttidspunkt for data skal være det samme.
- *Fase 2 - kontrol af basisstationer (program: BAS\_LIST):* En række automatiske klimastationer er blevet udnævnt til at være basisstationer, der måler de variable, som er nødvendige for at kunne korrigere nedbøren. Hvis der er driftsproblemer ved en eller flere basisstationer, finder programmet erstatninger blandt egnede stationer i hver enkelt region.
- *Fase 3 - beregning af afledede variable (program: BER\_KORR):* Ved hver basisstation bliver der på basis af meteorologiske data beregnet samtlige de variable, som skal bruges til at korrigere nedbørmålinger. Det er følgende variable: regnintensitet  $I$ , nedbørstype  $P_t$ , middelvindhastighed  $v_g$  og -temperatur  $T$  under nedbør samt wettingtab.
- *Fase 4 - tildele en basisstation til hver nedbørstation (program: NED\_LIST):* Hver enkelt af nedbørstationerne får tildelt en nærmeste basisstation.
- *Fase 5 - korrektion af målt nedbør (program: KORR\_MAN):* Nedbørmålinger ved et vilkårligt antal nedbørstationer bliver korrigeret ved hjælp af de meteorologiske variable, som blev beregnet ved nærmeste basisstation. Der bliver endvidere justeret for læforholdene ved nedbørstationen.



Figur 3.2. Flowdiagram for systemet. I cirkler er angivet programnavn og fase i korrektionsforløbet, i kasser er angivet filnavne på inputdata og diverse liste- og resultatfiler. Se endvidere teksten for yderligere forklaring.

Systemet benytter en række filer, som er vist i tabel 3.4. Listefilerne (extension 'liste') indeholder vigtige aktuelle oplysninger om klimastationer, nedbørstationer og synopstationer. Oplysningerne i listefilerne har en vigtig mellemregningsfunktion.

<i>NEDB_DAT.RAW</i>	Ukorrigeret døgnnedbørsum fra en eller flere slags stationer, der måler nedbør.
<i>CLIMA_AUT</i>	Data fra automatiske klimastationer, som er basisstationer.
<i>SYNOP_DK</i>	Data fra 3 timers synopstationer, der supplerer basisstationerne med en række observationer, de ikke foretager.
<i>STAT_PARAM</i>	Stationsparametre.
<i>DATALIMS</i>	Parametre til brug for datakontrol.
<i>OKSTAT.LISTE</i>	Listefil, der indeholder oplysninger om stationer, der blev fundet i orden af programmet MK_OKSTAT_LISTE (laver kontrol af data).
<i>ERROR.LISTE</i>	Fil, der indeholder oplysninger om datafejl, som blev fundet af programmet MK_OKSTAT_LISTE.
<i>BASISTAT_NET.LISTE</i>	Listefil, der indeholder oplysninger om basisstationerne.
<i>BASISTAT.LISTE</i>	Listefil, der indeholder oplysninger om de aktuelt fungerende basisstationer. Listen laves af programmet MK_BASLISTE.
<i>NEDBSTAT.LISTE</i>	Listefil, der indeholder oplysninger om nedbørstationerne. Listen laves af programmet MK_NSTATLISTE.
<i>KORRFAKT.RES</i>	Mellemregningsfil, der indeholder afledede variable beregnet ved hver af basisstationerne. Filen bliver lavet af programmet BER_KORRFAKT.
<i>NEDB_DAT.KOR</i>	Korrigeret døgnnedbørsum, der bliver lavet af programmet KORR_MAN_NEDB.
<i>NEDB_KOR.STA</i>	Statistik på korrektionsfaktorer for nedbørstationerne.

Tabel 3.4. Filer, som bliver benyttet af korrektionssystemet.

Generel er data- og listefilerne i ascii-format med kommaseparerede dataelementer. Datalinier har konstant længde for at gøre det lettere at læse dem. I denne rapport refererer betegnelsen "ascii-format" til en tekstfil, som kun benytter en del af ascii karaktersættet, dvs. ascii code 10 og 13 håndteres som "line feed" og "carriage return", og koderne 32-126 bliver benyttet til at vise data. På denne måde fremtræder filerne i en læsebar form.

Der gælder følgende principper, illustreret i figur 3.3, for listefilerne og filen korrfakt.res:

- En linie slutter altid med "carriage return" (linieskift) og "line feed".
- Linier, der starter med symbolet '#' (en "havelåge"), er kommentarlinier, der viderebringer oplysninger til brugerne. Sådanne linier fortolkes aldrig af systemet.
- Linier, der skal fortolkes af programmer, er uden en "havelåge". Dataelementer er kommaseparerede og længden af datalinier er konstant for at gøre dem lettere at læse.
- Den første linie i listefilen, der ikke er en kommentarlinie, er altid en oplysning om listefilens formatversion i kantparanteser: [ *version* : *nummer* ]. Hvis denne mangler i filen, stopper korrektionssystemet og udskriver en fejlmeddelelse. Det er for at forhindre fejlfortolkninger af data.
- Der gælder helt specielt, at hvis der ingen nedbør er registreret ved stationerne, vil listefilerne indeholde en kommentarlinie med en kode herom til systemet, <dry\_overall>. På den måde undgår korrektionssystemet at lave overflødige beregninger.
- Listefilerne indeholder altid et tidsprompt for måleperioden.

# Nedbør data	(kommentarlinie)
# [ version : 1.37 ]	(format version nummer)
#	(kommentarlinie)
#	(kommentarlinie)
06061,1987, 12, 24, 0, 34,	(data værdier)
... , ... , ... , ... , ... , ... ,	( - - )

Figur 3.3. Principperne for formatet af en data fil. Se også teksten.

### 3.5.2 Generelt om programsyntaks

Om programsyntax vil der i det følgende gælde nogle generelle regler. Programnavnet er altid i uppercase, mens options altid er i lowercase. Programnavnet kan efterfølges af en eller flere options. Disse består af et flag **-f**, der eventuelt efterfølges af en descriptor **d** i paranteserne **< >**. En descriptor kan f.eks. være et filnavn. Hvis en option er omsluttet af **[ ]** paranteser, kan den udelades, ellers skal den altid være der. Disse regler er vist med følgende eksempel, hvor option **-f<sub>1</sub><d<sub>1</sub>>** altid skal være der, mens option **[-f<sub>2</sub><d<sub>2</sub>>]** kan udelades:

**PROGRAMNAVN -f<sub>1</sub><d<sub>1</sub>> [-f<sub>2</sub><d<sub>2</sub>>]**

### 3.5.3 Fase 1 - datakontrol (program: OK\_LIST)

Data fra synopstationer, automatiske klimastationer og stationer, der måler nedbør, bliver kontrolleret for en række fejltyper. Stationsparametre for de stationer, hvis data blev fundet i jorden, bliver udskrevet i listefilen OKSTAT\_LISTE. Der er følgende input- og outputfiler:

- Inputfiler: CLIMA\_AUT, SYNOP\_DK, NEDB\_DAT.RAW, STAT\_PARAM, og DATALIMS.
- Outputfiler: OKSTAT.LISTE og ERROR.LISTE.

Programmet OK\_LIST, der udfører opgaverne i fase 1, har nedenstående syntax.

SYNTAX:	
OK_LIST	-p<stat_param> -k<klima_aut> -s<synop_3h> -n<nedb_dat.raw> -o<okstat.liste> -d<datalims> [-e<error.liste>] [-sommertid] [-vintertid] [-?]
-p<stat_param>	fil med stationsparametre
-k<klima_aut>	fil med data fra automatiske klimastationer
-s<synop_3h>	fil med data fra 3 timers synopstationer
-n<nedb_dat.raw>	fil med data fra stationer med nedbørmålinger
-o<okstat.liste>	outputlistefil med stationsparametre for stationer, der var i jorden
-d<datalims>	fil med grænseværdier for kontrol af data
[-e<error.liste>]	listefil med oplysninger om stationer med fejl
[-sommertid]	lokaltid er sommertid
[-vintertid]	lokaltid er vintertid

Datafilerne NEDB\_DAT.RAW, CLIMA\_AUT, SYNOP\_DK og STAT\_PARAM indeholder kommaseparerede data på et bestemt format. Fast datafeltbredde er hensigtsmæssig, men ikke et krav. Ud fra disse data kan alle de nødvendige afledede størrelser beregnes. Indhold og format i datafilerne fremgår af tabel 3.5, 3.6 og 3.7, og for filen med stationsparametre af tabel 3.8.

Indhold og dataformat i datafilen CLIMA_AUT			
stat_no , year , month , day , hour , minute , dd , ff , ttt , rrr , tr ,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	stationsnummer	-	long
year	år	-	int
month	måned	-	int
day	dag	-	int
hour	time (UTC)	-	int
minute	minut	-	int
dd	vindretning	grader	int
ff	vindhastighed	0.1 m/sek	int
ttt	lufttemperatur	0.1°C	int
rrr	nedbørmængde	0.1 mm	int
tr	nedbørvarighed	minutter	int

Tabel 3.5 Indhold og formatbeskrivelse for data i filen CLIMA\_AUT. Type angiver, hvordan variabelen i filen skal læses. Type kan have følgende værdier: char (character), int (1 byte integer), long (4 bytes integer), float (4 bytes floating point med 6 decimal representation), og double (4 bytes floating point med 10 decimal representation).

Indhold og dataformat i datafilen SYNOP_DK			
stat_no , year , month , day , hour , minute , dd , ff , ww , w1 , w2 , ttt , rrr6 , rrrt , rrr3 , rrrt , sss ,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	stationsnummer	-	long
year	år	-	int
month	måned	-	int
day	dag	-	int
hour	time (UTC)	-	int
minute	minut	-	int
dd	vindretning	grader	int
ff	vindhastighed	0.1 m/sek	int
ww	present weather, vejret på observationstidspunkt	-	int
w1	past weather kode 1, vejrets forløb	-	int
w2	past weather kode 2, vejrets forløb	-	int
ttt	lufttemperatur	0.1°C	int
rrr6	6 timers nedbørmængde	0.1 mm	int
rrrt	nedbørperiode	timer	int
rrr3	3 timers nedbørmængde	0.1 mm	int
rrrt	nedbørperiode	timer	int
sss	snedybde	cm	int

Tabel 3.6 Indhold og formatbeskrivelse for data i filen SYNOP\_DK. I tabel 3.5 er der forklaringer på symbolerne under type.



Indhold og dataformat i datafilen NEDB_DAT.RAW			
stat_no , year , month , day , hour , rrr , tr ,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	stationsnummer	-	long
year	år	-	int
month	måned	-	int
day	dag	-	int
hour	time (UTC)	-	int
minute	minut	-	int
rrr	nedbørmængde	0.1 mm	int
rrrt	nedbørperiode	timer	int

Tabel 3.7. Indhold og formatbeskrivelse for data i filen NEDB\_DAT.RAW. I tabel 3.5 er der forklaringer på symbolerne under type.

Indhold og dataformat i datafilen STAT_PARAM			
stat_no , stat_navn , utm_zone , utmy , utmx , hoh , n , ne , e , se , s , sw , w , nw , hwgt , stat_type ,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	stationsnummer	-	long
stat_navn	stationsnavn	-	char
utm_zone	utm zone	-	char
utm_x	utm eastern koordinat	meter	long
utm_y	utm northern koordinat	meter	long
hoh	højde over havet	cm	long
n	højdevinkel mod nord	grader	int
ne	højdevinkel mod nordøst	grader	int
e	højdevinkel mod øst	grader	int
se	højdevinkel mod sydøst	grader	int
s	højdevinkel mod syd	grader	int
sw	højdevinkel mod sydvest	grader	int
w	højdevinkel mod vest	grader	int
nw	højdevinkel mod nordvest	grader	int
hwgt	vindretningsvægtet højdevinkel	grader	int
stat_type	stationstype	-	char

Tabel 3.8 Indhold og formatbeskrivelse for data i filen STAT\_PARAM. I tabel 3.5 er der forklaringer på symbolerne under type.

I filerne CLIMA\_AUT og SYNOP\_DK skal der ligge data for et døgn fra stationerne med start- og sluttidspunkt kl. 0600utc. I filen NEDB\_DAT.RAW er der kun en observation pr. døgn. Filen CLIMA\_AUT skal kun indeholde data fra stationer med Geonor nedbørmålinger, men indeholder den data fra andre klimastationer, vil det dog ikke give problemer.

statno	stationens navn	zone	utmN	utmE	hoh	højdevinkler	hix	stationstype
20501,	HORNUM II,	32V,	6299150,	526810,	3000,	10, 8,12,12, 8, 9, 1, 5,	8,	clima_aut,
22231,	ØDUM II,	32V,	6240560,	569835,	6100,	7,12, 2, 0, 0, 0, 3, 5,	2,	clima_aut,
20059,	GULDAGER,	32V,	6360370,	560330,	3200,	0, 0, 2, 2, 1, 1,15,17,	4,	clima_man,
21100,	VESTERVIG,	32V,	6291500,	458550,	1800,	15,30,28,21,17,25,28,20,	23,	clima_man,
22055,	STEVNSTRUP,	32V,	6254870,	559390,	300,	2, 0, 1, 0,11,15,20, 2,	9,	clima_man,
22375,	BRABRAND NV,	32V,	6225180,	567210,	3300,	5, 4,10, 7,14,15, 3, 2,	9,	clima_man,
22595,	SPØTTRUP STRAND,	32U,	6198870,	578620,	100,	12,23,26,17,20,18,20,25,	20,	clima_man,
06024,	THISTED LUFTHAVN,	32V,	6325060,	482580,	700,	5, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 7,	1,	synop_dk,
06052,	THYBORØN,	32V,	6284510,	452410,	200,	2, 0,20, 0, 1, 3, 4, 6,	4,	synop_dk,
06060,	FSN KARUP,	32V,	6238950,	507130,	5200,	0, 0, 0, 4, 5,15, 0, 0,	5,	synop_dk,
06153,	TYVELSE,	32U,	6140040,	672110,	3500,	5,10, 5, 0, 1, 0, 0, 2,	2,	synop_dk,
06156,	HOLBÆK,	32U,	6177940,	670240,	1500,	6,10, 4, 3, 5, 5, 2, 3,	4,	synop_dk,
06179,	MØN FYR,	33U,	6091810,	342520,	1300,	33,10,10, 6, 0, 21,30,27,	16,	synop_dk,
06191,	CHRISTIANSØ FYR,	33U,	6130820,	511970,	1300,	3, 0, 1, 7,15,20, 0, 1,	9,	synop_dk,
20010,	RANNERØD,	32V,	6391600,	586610,	1100,	5, 1, 1, 7,10,12, 7, 5,	8,	precip_man,
20050,	HIRTSHALS FYR,	32V,	6383050,	556410,	2700,	10, 2, 3, 1, 2, 0, 5,38,	5,	precip_man,
20055,	NØRRE LYNGBY N,	32V,	6363790,	545370,	1900,	5, 4, 5,18,21,17,16,24,	16,	precip_man,
20060,	HJØRRING,	32V,	6366075,	560970,	2300,	1, 1, 6,15,14,21,15, 1,	13,	precip_man,
20085,	LENDUM,	32V,	6364040,	576330,	6700,	5, 5,10,10,12, 8,25,10,	12,	precip_man,
20100,	FREDERIKSHAVN,	32V,	6369600,	589750,	1000,	26,12, 7, 5, 1,30,22,20,	15,	precip_man,
20120,	SÆBY VANDFORSYNING,	32V,	6355860,	590180,	2300,	2, 3, 3,15,16,15, 3, 3,	10,	precip_man,

Tabel 3.9. Eksempel på stationsparametre, der kommer ind i systemet i filen STAT\_PARAM. Stationsparametre er: stationsnr og navn, UTM-koordinater givet ved zone, samt en northern og en eastern koordinat i meter, højde over havet i cm (hoh), højdevinkler, læindex (hix), og en kode for stationstype.

Datakontrollen er sammensat af en formatkontrol og en ret grov kvalitetskontrol af data:

- Om der er formatfejl i datafilen.
- Om der mangler en eller flere af de meteorologiske variable, der skal bruges til at beregne korrektionens størrelse.
- Om der mangler hele observationer.
- Om der er fejl i variabelnes værdi, enten urealistiske værdier eller indre konsistensfejl.
- Om tidspromptene i datafilerne angiver, at data repræsenterer det samme døgn.

Fejl i variabelværdi bliver afgjort ved at sammenligne data med grænseværdier. Disse bliver læst i filen DATALIMS og kan justeres eksternt. Der er grænseværdier for vindhastighed, vindretning, månedlig maksimum- og minimumtemperatur, nedbørsum, nedbørvarighed og snetykkelse. Konsistensfejl bliver fundet ved at sammenligne beslægtede variable. F.eks. skal vejrkoder stemme overens med om der er blevet registreret nedbør i perioden, og 3-timers og 6-timers nedbørsummen skal passe sammen.

Data fra automatiske klimastationer skal foreligge hver time, men kun hver 3. eller 6. time ved synopstationer. I modsat fald bliver stationen forkastet som uanvendelig til korrektion af nedbørmålinger. Ved manuelle nedbørstationer skal alle de meteorologiske variable foreligge, men ved automatiske klimastationer og synopstationer må der under visse omstændigheder godt mangle meteorologiske variable.

Hvis der mangler meteorologiske variable ved klimastationer, bliver det undersøgt om det er muligt at rekonstruere data. Nedbørdata kan naturligvis ikke genskabes, men vindhastighed og vindretning samt temperatur bliver rekonstrueret ved interpolation mellem observationer bagud og frem i tid.

Snetykkelsen bliver kun observeret en gang i døgnet, og det kun i snesæsonen. Et tomt datafelt for snetykkelsen bliver således ikke betragtet som en fejl.

Nedbørsummen for 6-timers perioder er kun angivet indirekte i form af en 12-timers nedbørsum kl. 6 og 18utc, samt en 6-timers nedbørsum kl. 12 og 24utc. Det hænder, at det ikke er muligt at beregne 6-timers nedbørsummen for alle døgnets 6-timers perioder. Ofte er det tillige tilfældet, at koderne for aktuelt vejr og vejrforløb samt nedbørsummen over 3 timer mangler helt eller delvis. Under nedbør er dette uheldigt, men ved tørvejr er det uden betydning. Altså er der tilladt nogle undtagelser for at undgå, at brugbare data bliver forkastet. Vejrkode og nedbørsummen bliver sammenlignet for at se, om det er muligt at rekonstruere manglende data. Koderne for aktuelt vejr og vejrforløb samt for 3-timers og 6-timers nedbørsum skal stemme overens for at undgå, at der bliver markeret for fejl. Princippet er:

- Hvis nedbørsummen indikerer tørvejr, må der godt mangle vejrkode.
- Hvis vejrkode indikerer tørvejr, må nedbørsummen godt mangle.
- Hvis nedbørsummen indikerer nedbør, skal der foreligge koden for aktuelt vejr og mindst en af koderne for vejrforløbet.
- Hvis vejrkode indikerer nedbør, må nedbørsummen ikke mangle.

Indhold og dataformat i datafilen OKSTAT.LIS							
stno, stnavn, utmzone, utmy, utmx, hoh, n, ne, e, se, s, sw, w, nw, hwgt, sttype, p, p24, opl, Vr, Vh, wx, T, P, P3, Pv, Sn, N, Nx,							
Symbol	Forklaring	Enhed	Type	Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stno	stationsnummer	-	long	sttype	stationstype	-	char
stnavn	stationsnavn	-	char	p	nedbørflag	-	int
utmzone	utm zone	-	char	p24	nedbørsum i NEDB_DAT.RAW	-	int
utmy	utm eastern koordinat	meter	long	opl	tidsopløsning på nedbørmåling	timer	int
utmx	utm northern koordinat	meter	long	Vr	vindretningsflag	-	int
hoh	højde over havet	cm	long	Vh	vindhastighedsflag	-	int
n	højdevinkel mod nord	grader	int	wx	vejrkodeflag	-	int
ne	højdevinkel mod nordøst	grader	int	T	temperaturflag	-	int
e	højdevinkel mod øst	grader	int	P	nedbørsumflag	-	int
se	højdevinkel mod sydøst	grader	int	P3	3-timers nedbørsumflag	-	int
s	højdevinkel mod syd	grader	int	Pv	nedbørvarighedflag	-	int
sw	højdevinkel mod sydvest	grader	int	Sn	snetykkelseflag	-	int
w	højdevinkel mod vest	grader	int	N	antal meteorologiske variable der kunne bruges	-	int
nw	højdevinkel mod nordvest	grader	int				
hwgt	vægtet højdevinkel	grader	int	Nx	max antal der kunne bruges	-	int

Tabel 3.10. Indhold og formatbeskrivelse for data i listefilen OKSTAT.LIS. I tabel 3.6 er der forklaringer på symbolerne under type. Nedbørflaget p angiver, om der er faldet nedbør ved stationen, flaget p24 angiver, om stationens 24 timers nedbørsum er i filen NEDB\_DAT.RAW. Flagene Vr, Vh, wx, T, P, P3, Pv og Sn angiver, om de pågældende meteorologiske variable ved stationen kan bruges eller ej. Hvis flag=1, var variabelen i orden, hvis flag=0 var der fejl og den kunne ikke bruges, mens flag=-1 angiver, at variabelen ikke bliver målt ved en station af pågældende type. N angiver, hvor mange variable, der kunne bruges, mens Nx angiver hvor mange meteorologiske variable, der maksimalt er til rådighed ved en station af den pågældende type.

For vejrkoderne og nedbørsummen er der tre udfald: mangler, tørvejr eller nedbør. Det giver 81 kombinationer, hvoraf der i de 62 er for få oplysninger til at afgøre, om der virkelig faldt nedbør eller ej. I så fald bliver data forkastet som fejldata.

Der bliver skrevet stationsparametre i listefilen OKSTAT.LISTE, hvis blot et minimum af data var i orden (se tabel 3.10). Det er oplysninger om stationens nummer, navn, type, position, højde over havet og læforhold, som skal bruges til beregninger senere i systemet. Ud fra data i filerne NEDB\_DAT.RAW, SYNOP\_DK og CLIMA\_AUT angiver et flag, om der er faldet nedbør ved stationen og i hvilken tidsopløsning. For synopstationer og automatiske klimastationer angiver et flag, om der også foreligger en 24 timers nedbørsum i filen NEDB\_DAT.RAW. Disse oplysninger om nedbørmålingerne gør det nemt i de efterfølgende faser i systemet at finde ud af, ved hvilke stationer der har været målinger under nedbør af meteorologiske variable.

Ud fra kvalitetskontrol af data bliver skrevet en række flag, der angiver, hvilke og hvor mange meteorologiske variable, der er brugbare. Oplysningerne om, hvor mange af variablene ved en station der var anvendelige, gør det muligt for efterfølgende programmer at finde ud af, fra hvilke stationer det kan betale sig at benytte data. Det bliver afgjort i form af et prioriteringssystem, der ser på: (1) hvor mange og hvilken slags meteorologiske variable, der blev fundet at være i orden ved stationen, (2) om stationen havde nedbør eller ej, (3) i hvilken tidsopløsning nedbøren er blevet målt, og (4) stationens type. Det giver en høj grad af sikkerhed for, at beregningerne er baseret på et optimalt datagrundlag. Prioriteringen vil blive nøjere beskrevet i afsnittet om fase 2.

Øverst i OKSTAT.LISTE er der en lille oversigtstabel, der viser, hvor mange stationer der havde nedbør og tørvejr. Et eksempel er vist i tabel 3.11. Hvis samtlige stationer havde tørvejr, bliver der ikke skrevet nogen oplysninger om stationerne til filen. I stedet bliver der skrevet <dry\_overall> i filen, så alle de efterfølgende programmer får besked om, at det er overflødigt at foretaget beregninger. Et eksempel på stationsoplysninger i OKSTAT.LISTE er vist i tabel 3.12.

For alle stationer bliver der skrevet i fejlrapport til listefilen ERROR.LISTE, også selvom der ikke blev fundet nogen fejl og mangler. Indholdet og format for denne fil fremgår af tabel 3.13. Det er i mange sammenhænge en nyttig tabel, både i forbindelse med udvikling af systemet og til diagnosticering af stationsnet og databehandling ved specifikke kørsler af systemet.

Stationstype	Antal med tørvejr	Antal med nedbør	pct. med nedbør
clima_aut	4	8	66.7
clima_man	2	19	90.5
synop_dk	0	9	100.0
precip_man	69	360	83.9
precip_aut	-	-	-
IALT	75	396	84.1

Tabel 3.11. Eksempel for 16. marts 1995 på statistik over antal stationer med tørvejr og nedbør, som altid bliver skrevet i listefilen OKSTAT.LISTE, hvis der er faldet nedbør ved mindst en station.

STATIONSOPLYSNINGER															
statno	stationsnavn	zone	utmN	utmE	hoh	n	ne	e	se	s	sw	w	nw	hix	stationstype
20501,	HORNUM II,	32V,	6299150,	526810,	3000,	10	8,	12,	12,	8,	9,	15,	5,	8,	clima_aut,
22231,	ØDUM II,	32V,	6240560,	569835,	6100,	5	11,	2,	1,	2,	3,	4,	4,	3,	clima_aut,
26401,	STORE JYNDEVAD II,	32U,	6083740,	507950,	1500,	0	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	clima_aut,
31351,	ABED II,	32U,	6078280,	649690,	700,	0	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	clima_aut,
32156,	ØSTERLARS SV,	33U,	6111090,	495340,	11300,	7	11,	15,	3,	2,	2,	3,	2,	4,	clima_man,
06024,	THISTED LUFTHAVN,	32V,	6325060,	482580,	700,	5	1,	0,	0,	0,	1,	1,	7,	1,	synop_dk,
06043,	FREDERIKSHAVN,	32V,	6363850,	591150,	8300,	0	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	synop_dk,
06081,	BLÅVANDSHUK FYR,	32U,	6157450,	442210,	1300,	0	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	synop_dk,
06170,	ROSKILDE LUFTHAVN,	33U,	6164020,	319590,	4200,	0	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	synop_dk,
21335,	RESEN NØRREHEDE,	32V,	6250190,	505340,	3500,	10	21,	27,	14,	12,	10,	1,	18,	12,	precip_man,
28010,	BOGENSE,	32U,	6156090,	566370,	300,	0	2,	18,	15,	1,	1,	2,	1,	5,	precip_man,
30240,	SØNDERSØ,	33U,	6183820,	334240,	1500,	20	12,	7,	7,	3,	17,	20,	28,	13,	precip_man,
32270,	PEDERSKER,	33U,	6098410,	499620,	3700,	8	10,	12,	18,	25,	22,	21,	21,	19,	precip_man,
FLAG															
statno	p	p24	opl	Vr	Vh	wx	T	P	P3	Pv	Sn	N	Nx	stationstype	
20501,	1,	0,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	5,	5,	clima_aut,	
22231,	0,	0,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	5,	5,	clima_aut,	
26401,	1,	0,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	5,	5,	clima_aut,	
31351,	0,	0,	1,	1,	1,	-1,	1,	0,	-1,	0,	-1,	3,	5,	clima_aut,	
32156,	0,	1,	24,	-1,	-1,	-1,	-1,	1,	-1,	-1,	-1,	1,	1,	clima_man,	
06024,	0,	0,	-1,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	-1,	0,	4,	7,	synop_dk,	
06043,	0,	0,	-1,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	0,	3,	7,	synop_dk,	
06081,	0,	0,	3,	1,	1,	0,	1,	1,	1,	-1,	0,	5,	7,	synop_dk,	
06170,	0,	0,	3,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	-1,	0,	6,	7,	synop_dk,	
21335,	0,	1,	24,	-1,	-1,	-1,	-1,	1,	-1,	-1,	-1,	1,	1,	precip_man,	
28010,	0,	1,	24,	-1,	-1,	-1,	-1,	1,	-1,	-1,	-1,	1,	1,	precip_man,	
30240,	0,	1,	24,	-1,	-1,	-1,	-1,	1,	-1,	-1,	-1,	1,	1,	precip_man,	
32270,	0,	1,	24,	-1,	-1,	-1,	-1,	1,	-1,	-1,	-1,	1,	1,	precip_man,	

Tabel 3.12. Udpluk af oplysninger fra filen OK\_STAT.LISTE, der indeholder en række parametre til brug i senere faser i korrektionssystemet. Af pladsgrunde er filen splittet op i to dele, og stationsnummer er gentaget nederst for lettere at kunne læse tabellen. Den er således ikke tro mod filens rigtige format. Parametre er: stationsnr og navn, UTM-koordinater givet ved zone samt northern og eastern koordinat i meter, højde over havet i cm (hoh), højdevinkler i 8 sektorer, læindex (hix) og en kode for stationstype. Hvis et felt er tomt, er pågældende meteorologiske variabel ikke blevet målt ved stationen. Flaget p angiver, om der er faldet nedbør ved stationen, p24 angiver, om døgnnedbørsummen ligger filen NEDB\_DAT.RAW med døgnnedbørsummer, opl=tidsopløsning på nedbørmåling, Der er en række flag, der angiver om en meteorologisk variabel er blevet fundet brugbar for senere beregninger (flagværdi=1): Vr=vindretning, Vh=vindhastighed, wx=vejrkode, T=lufttemperatur, P=nedbørsum, P3=3-timers nedbørsum, Pv=nedbørvarighed og Sn=snetykkelse. N angiver antal meteorologiske variable, der kunne bruges, mens Nx angiver, hvor mange der maksimalt kan bruges ved en station af pågældende type. -1 betyder, at det ikke var muligt at bestemme flagværdien.

### 3.5.4 Fase 2 - kontrol af nettet af basisstationer (program: BAS\_LIST)

Det bliver undersøgt, om nettet af primære basisstationer er intakt. Hvis der mangler basisstationer eller data, er årsagen enten, at de ikke er oprettet eller driftsforstyrrelser. Der bliver sammensat oplysninger om, fra hvilke stationer data skal hentes for at få et så optimalt datagrundlag som muligt. Der er følgende input- og outputfiler:

- Inputfiler: OKSTAT.LISTE og BASISTAT\_NET.LISTE.
- Outputfiler: BASISTAT.LISTE.

Indhold og dataformat i datafilen ERROR.LIS					
stno,ff,mo,mp,fp,N,Ti,sttype,st,Vr,Vh,wx,T,P,Po,P3,P3o,Pv, S,Vrf,Vhf,wxf,wIf,Tf,Pf,PIf,Pof,P3f,P3of,Pvf,vIf,Sf,					
Symbol	Forklaring	Type	Symbol	Forklaring	Type
stno	stationsnummer	long	P3o	antal manglende 3-timers nedbørtidsopl.	int
ff	antal formatfejl	int	Pv	antal manglende obs. af nedbørvarighed	int
mo	antal manglende hele observationer	int	S	antal manglende obs. af snetykkelse	int
mp	antal manglende variable	int	Vrf	antal fejl i vindretningsobs.	int
fp	antal fejl i variable	int	Vhf	antal fejl i vindhastighedsobs.	int
N	antal observationer pr. døgn plus 1	int	wxf	antal fejl i vejrkode	int
Ti	tidsopløsning på nedbørmåling (timer)	int	wIf	inkonsistens: vejrkode/nedbørsum	int
sttype	stationstype	char	Tf	antal fejl i temperaturobs.	int
st	antal mangler i stationsnr/tidsprompt	int	Pf	antal fejl i 6-timers nedbørobs.	int
Vr	antal manglende vindretningsobs.	int	PIf	inkonsistens: 3-timers/6-timers nedbørobs	int
Vh	antal manglende vindhastighedsobs.	int	Pof	antal fejl i 6-timers nedbørtidsopl.	int
wx	antal manglende vejrkodeobs.	int	P3f	antal fejl i 3-timers nedbørobs.	int
T	antal manglende temperaturobs.	int	P3of	antal fejl i 3-timers nedbørtidsopl.	int
P	antal manglende 6-timers nedbørobs.	int	Pvf	antal fejl i obs. af nedbørvarighed	int
Po	antal manglende 6-timers nedbørtidsopl.	int	vIf	antal obs med nedb.intensitet > x mm/time	int
P3	antal manglende 3-timers nedbørobs.	int	Sf	antal fejl i obs. af snetykkelse	int

Tabel 3.13. Indhold og formatbeskrivelse for data i listefilen ERROR.LIS. I tabel 3.6 er der forklaringer på symbolerne under type. Filen giver for hver station det totale antal mangende observationer og meteorologiske variable, antal manglende målinger af specifikke variable, samt antal fejl i den fysiske værdi. Endvidere er der angivet antal tilfælde med inkonsistens mellem vejrkode og nedbørsum, samt mellem 3-timers og 6-timers nedbørsum.

Input- og outputfilerne er alle listefiler, der indeholder en række oplysninger om stationerne. Data er kommaseparerede med fast feltbredde af hensyn til læseligheden. Programmet BAS\_LIST, der udfører opgaverne i fase 2, har nedenstående syntax. Reglerne for programsyntax er beskrevet i afsnit 3.5.2.

SYNTAX:	
BAS_LIST	-p<okstat.liste> -b<basinet.liste> -o<basistat.liste> [-m<maxafst>] [-?]
-p<okstat.liste>	listefil med stationsparametre for stationer, der er i orden
-b<basinet.liste>	listefil med oplysninger om initiale basisstationer
-o<basistat.liste>	output listefil med oplysninger om aktuelle basisstationer
[-m<maxafst>]	maksimum tilladte afstand mellem synopstationer og basisstationer

Det bliver ud fra oplysningerne i filen OKSTAT.LISTE kontrolleret, om der var problemer med data fra de primære basisstationer eller om data manglede helt. Hvis det var tilfældet, bliver der fundet en fuldgod erstatning blandt et udvalg af synopstationer i regionen. Hvis basisstationen var i orden, skal der også findes en synopstation fra dette udvalg. Det er for at skaffe oplysninger om nedbørstypen, som ikke bliver observeret ved den primære basisstation.

Filen BASISTAT\_NET.LISTE indeholder oplysninger til brug herfor. Tabel 3.14 viser indhold og dataformat i denne fil, mens tabel 3.15 viser hvordan nettet er defineret i det nuværende korrektionssystem. For hver af de primære basisstationer er der i filen en liste over, hvilke synopstationer i hver region, der opfylder en række kriterier, så de kan supplere eller erstatte den primære basisstation i regionen. Disse kriterier er de samme, som de primære basisstationerne skal opfylde (se afsnit 3.2).

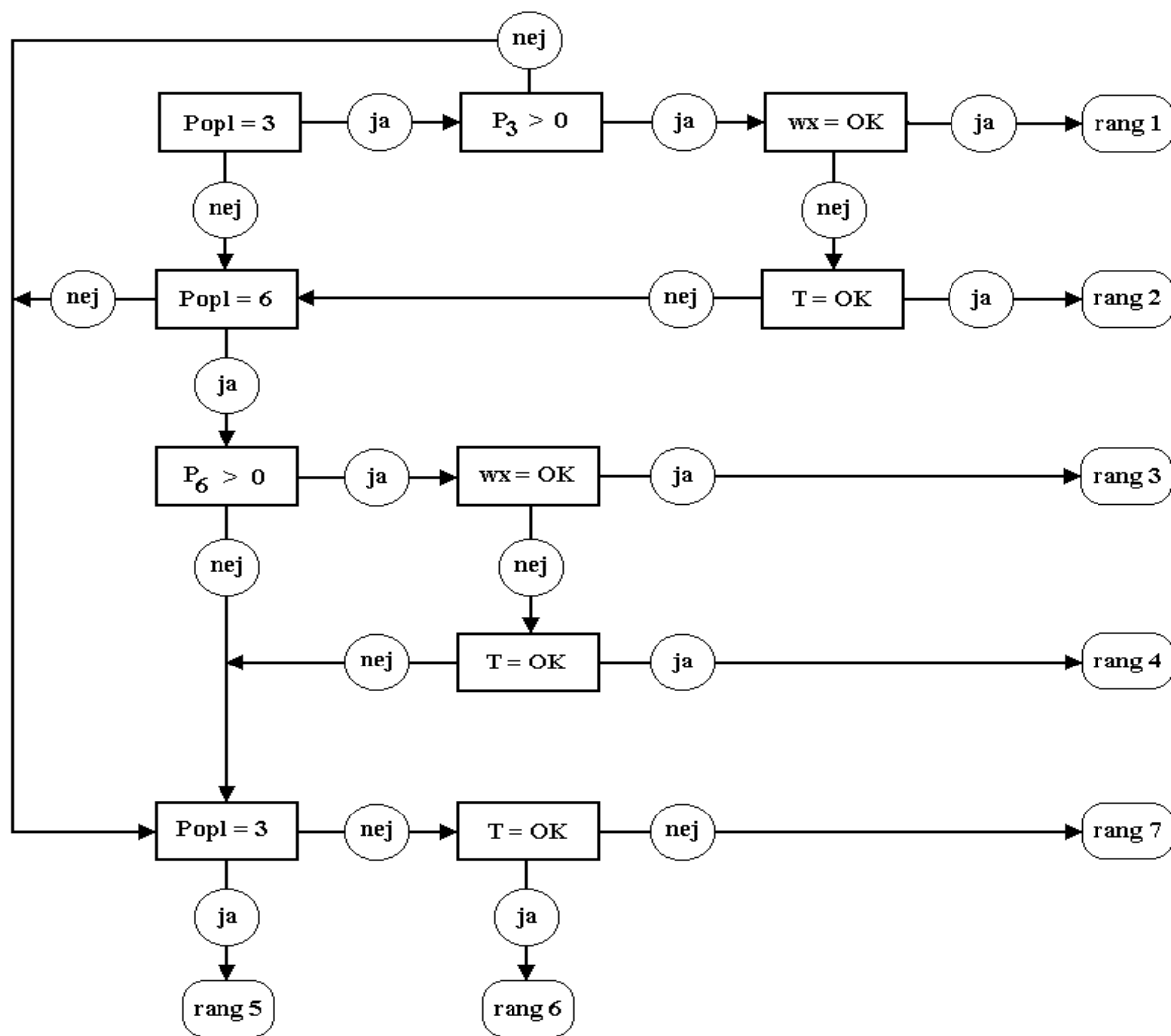
Synopstationernes ydeevne bliver sammenlignet og den bedst egnede station valgt ud fra en prioritering af egenskaber ved data. Prioriteringen foregår ved at sortere stationerne i rangorden ud fra, hvor godt de opfylder nogle bestemte kriterier, og derefter vælge den bedste station. En stations rang bliver afgjort ud fra, om der er faldet nedbør ved den, tidsopløsning på nedbørdata og de øvrige målinger, om der er vejrkode og om hvor mange af de meteorologiske variable, der er blevet målt.

Indhold og dataformat i listefilen BASISTAT_NET.LISTE			
regnavn,utmzone,utmy,utm,clima,synop1,hV1,synop2,hV2,synop3,hV3,synop4,hV4,synop5,hV5,synop6,hV6,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
regnavn	Navn på primære basisstation i centrum af hydrografiske region		char
utmzone	utm zone	-	char
utmy	utm eastern koordinat	meter	long
utm	utm northern koordinat	meter	long
climano	stationsnummer på primære basisstation	-	long
synop1, ... , synop6	numre på synopstationer, der er sekundære basisstationer	-	long
hV1, ... , hV6	højde for vindmåling ved synopstationer	meter	int

Tabel 3.14. Indhold og formatbeskrivelse for data i listefilen BASISTAT\_NET.LISTE. I tabel 3.6 er der forklaringer på symbolerne under type. Filen giver en række oplysninger om de primære basisstationer i hver hydrografisk region, samt numre på synopstationer, der er fundet egnede til at supplere eller erstatte data fra de primære basisstationer.

Hydrografisk region	← Primære basisstation →				← Sekundære basisstationer →									
	zone	utmN	utmE	statno	stationsnr/højde af vind (*=station ved regionsgrænse)									
TYLSTRUP II,	32V,	6338610,	557680,	20209,	06030,	10,	06034,	15,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,
HORNUM II,	32V,	6299150,	526810,	20501,	06048,	14,	06053,	13,	06062,	10,	06069,	10,	-1,	-1,
SILSTRUP II,	32V,	6309770,	478230,	21061,	06024,	10,	*06053,	13,	*06062,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,
ØDUM II,	32V,	6240560,	569835,	22231,	*06048,	14,	*06069,	10,	06070,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,
BORRIS II,	32U,	6201565,	476750,	24381,	06060,	10,	*06104,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,
ASKOV II,	32U,	6147540,	507220,	25271,	06080,	8,	06100,	10,	06104,	10,	06108,	10,	06110,	10,
STORE JYNDEVAD II,	32U,	6083740,	507950,	26401,	*06110,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,
ÅRSLEV II,	32U,	6130290,	591460,	28281,	06120,	10,	06124,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,
FLAKKEBJERG II,	32U,	6133870,	651630,	29451,	06153,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,
LEDREBORG ALLE II,	33U,	6168130,	314040,	30421,	06156,	16,	06160,	9,	06170,	10,	06180,	8,	06181,	10,
ABED II,	32U,	6078280,	649690,	31351,	06143,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,
KLEMENSKER Ø,	33U,	6114190,	490980,	32082,	06190,	10,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,	-1,

Tabel 3.15. Definition af nettet af basisstationer. For hver hydrografisk region er der oplysninger om den primære basisstation, og om synopstationer, der er fundet egnede som sekundære basisstationer. -1 betyder, at der mangler oplysninger. Forklaring findes i teksten og i tabel 3.14.



Figur 3.4. Rangordning af sekundære basisstationer (synopstationer). Hvis flere stationer havner i samme rangklasse, vinder den station, der havde flest parametre i orden. Popl=tidsopløsning på nedbørmålinger i timer,  $P_3$ =nedbørmåling hver 3. time,  $P_6$ =nedbørmåling hver 6. time, wx=koder aktuelt vejr og vejrforløb, og T=lufttemperatur. Se iverdigt tekst for forklaring.

Da det har høj prioritet at kende nedbørtypen, er det muligheden for at få denne, der bestemmer hvordan synopstationerne bliver prioriteret. Der skal være faldet nedbør, og tidsopløsningen på nedbørmålingen skal være være så fin som muligt. Hvis der er faldet nedbør, bliver det undersøgt om vejrkodeerne var i orden, så nedbørtypen er kendt. Hvis vejrkodeerne ikke var i orden, bliver det undersøgt om temperaturdata var det, da det er muligt at få nedbørtypen indirekte herfra. Hvis der ikke er faldet nedbør, er det alene tidsopløsningen på data, der bestemmer en stations rang. Hvis nogle stationer står lige, vinder den station, der havde flest meteorologiske variable i orden. Hvordan stationerne bliver rangordnet, fremgår af figur 3.4.

Derefter bliver der lavet listefilen BASISTAT.LISTE, der indeholder en række oplysninger om, hvilke muligheder der indenfor hver region er for at skaffe data, dvs. kvaliteten af de meteorologiske variable, om hvorvidt basisstationen virkede, og om muligheden for at skaffe data fra andre stationer. Listefilens format og indhold fremgår af tabel 3.16.



Indhold og dataformat i listefilen BASISTAT.LISTE					
stno,stnavn,zone,utmN,utmE,st,Vr,Vh,wx,T,P,P3,Pv,Sn,Estype,hwgt, stnosyn,szone,sutmN,sutmE,sVr,sVh,swx,sT,sP,sP3,sPv,sSn,hV,afst,pB,pS,opl					
Oplysninger om primære basisstation			Oplysninger om "bedste" synopstation i regionen mv.		
Symbol	Forklaring	Type	Symbol	Forklaring	Type
stno	stationsnummer	long	stnosyn	nummer på synopstation	long
stnavn	stationsnavn	char	szone	UTM zone	long
zone	UTM zone	long	sutmN	UTM northern koordinat (meter)	long
utmN	UTM northern koordinat (meter)	long	sutmE	UTM eastern koordinat (meter)	long
utmE	UTM eastern koordinat (meter)	long	sVr	vindretningsflag for synopstation	int
st	status (1=station OK, 0=fejl på station)	int	sVh	vindhastighedsflag for synopstation	int
Vr	vindretningsflag	int	swx	vejrkodeflag for synopstation	int
Vh	vindhastighedsflag	int	sT	temperaturflag for synopstation	int
wx	vejrkodeflag	int	sP	nedbørsumflag for synopstation	int
T	temperaturflag	int	sP3	3-timers nedbørsumflag for synopstation	int
P	nedbørsumflag	int	sPv	nedbørvarighedflag for synopstation	int
P3	3-timers nedbørsumflag	int	sSn	snetykkelseflag for synopstation	int
Pv	nedbørvarighedflag	int	hV	højde af vindmåling	int
Sn	snetykkelseflag	int	afst	afstanden basisstation til synopstation (km)	int
Estype	stationstype for basisstation	char	pB	nedbørflag for primære basisstation	int
hwgt	højdevinkel vægtes med hyppighed af vindretninger	int	pS	nedbørflag for "bedste" synopstation	int
			opl	nedbør tidsopløsning for basisstation	int

Tabel 3.16. Indhold og formatbeskrivelse for data i listefilen BASISTAT\_NET.LISTE. I tabel 3.6 er der forklaringer på symbolerne under type. Filen giver en række oplysninger om de primære basisstationer i hver hydrografisk region, samt nummeret på den synopstation, der blev fundet bedst egnet til at supplere eller erstatte data fra den primære basisstation i regionen. En række flag angiver, om forskellige meteorologiske variable ved stationerne var brugbare eller ej. Hvis der var fejl på den primære basisstation, dvs. st=0, bliver den "bedste" synopstation i regionen ny basisstation. Hvis st=1 supplerer den blot med data.

Venstre side af filen indeholder oplysninger om den primære basisstation, som er regionens centrum. Højre side giver oplysninger om den synopstation, der var bedst ifølge sorteringen i rangorden. Hvis den primære basisstation mangler, bliver synopstationen udnævnt til basisstation, ellers supplerer den blot med oplysninger om nedbørtype og snetykkelse.

Oplysninger om, hvor egnede de meteorologiske variable er som grundlag for beregningerne i fase 3, bliver givet for såvel primære basisstationer som synopstationer. Det bliver oplyst, om der er faldet nedbør ved disse stationer. Det er nyttigt at kende afstanden mellem basisstationen og synopstationen i en region, når der skal beregnes usikkerhed på estimerne. Det samme gælder tidsopløsningen på måling af nedbør ved basisstationen.

Tabel 3.17 viser et eksempel på, hvordan oplysningerne i BASISTAT.LISTE kan se ud. Nedbørflagene for basisstationer og synopstationer medvirker til at definere, hvordan de afledede meteorologiske variable bliver beregnet i fase 3. Mere om dette i afsnittet om fase 3.

OPLYSNINGER OM PRIMÆRE BASISSTATION																
hydrografisk region		centrumkoordinater			st	flag for diagnose af met. variable									hwgt	erstatning type
statno	stationsnavn	zone	utmN	utmE		Vr	Vh	wx	T	P6	P3	Pv	Sn			
20209,	TYLSTRUP II,	32V,	6338610,	557680,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
20501,	HORNUM II,	32V,	6299150,	526810,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	8,	clima_aut,	
21061,	SILSTRUP II,	32V,	6309770,	478230,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
22231,	ØDUM II,	32V,	6240560,	569835,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	3,	clima_aut,	
24381,	BORRIS II,	32U,	6201565,	476750,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
25271,	ASKOV II,	32U,	6147540,	507220,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
26401,	STORE JYNDEVAD II,	32U,	6083740,	507950,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
28281,	ÅRSLEV II,	32U,	6130290,	591460,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
29451,	FLAKKEBJERG II,	32U,	6133870,	651630,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
30421,	LEDREBORG ALLE II,	33U,	6168130,	314040,	1,	1,	1,	-1,	1,	1,	-1,	1,	-1,	0,	clima_aut,	
31351,	ABED II,	32U,	6078280,	649690,	1,	1,	1,	-1,	1,	0,	-1,	0,	-1,	0,	clima_aut,	
32082,	KLEMENSKER Ø,	33U,	6114190,	490980,	1,	1,	1,	-1,	1,	0,	-1,	0,	-1,	0,	clima_aut,	

OPLYSNINGER OM "BEDSTE" SYNOPSTATION I REGIONEN MV.																		
hydrografisk region		statno	synop position			flag for diagnose af variable									flag			
statno	stationsnavn		szone	sutmN	sutmE	Vr	Vh	wx	T	P6	P3	Pv	Sn	hV	afst	pB	pS	opl
20209,	TYLSTRUP II,	06030,	32V,	6328760,	551820,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	1,	10,	11,	1,	1,	1,
20501,	HORNUM II,	06048,	32V,	6286330,	568450,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	0,	14,	44,	1,	0,	1,
21061,	SILSTRUP II,	06024,	32V,	6325060,	482580,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	-1,	0,	10,	16,	1,	1,	1,
22231,	ØDUM II,	06070,	32V,	6240895,	600260,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	1,	10,	30,	1,	1,	1,
24381,	BORRIS II,	06060,	32V,	6238950,	507130,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	-1,	1,	10,	48,	1,	1,	1,
25271,	ASKOV II,	06108,	32U,	6143750,	521130,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	-1,	0,	10,	14,	1,	1,	1,
26401,	STORE JYNDEVAD II,	06110,	32U,	6120070,	516840,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	1,	10,	37,	1,	1,	1,
28281,	ÅRSLEV II,	06120,	32U,	6148645,	584170,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	1,	10,	20,	1,	1,	1,
29451,	FLAKKEBJERG II,	06153,	32U,	6140040,	672110,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	-1,	1,	10,	21,	1,	1,	1,
30421,	LEDREBORG ALLE II,	06170,	33U,	6140020,	319590,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	-1,	1,	10,	7,	1,	1,	1,
31351,	ABED II,	06143,	32U,	6064100,	657650,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	-1,	0,	10,	16,	1,	0,	1,
32082,	KLEMENSKER Ø,	06190,	33U,	6102560,	484570,	1,	1,	1,	1,	1,	0,	-1,	1,	10,	14,	1,	1,	1,

Tabel 3.17. For 28. april 1993 er vist indeholdt af listefilen BASISTAT.LISTE, som giver oplysninger om det aktuelle net af basisstationer. Af pladsgrunde er filen splittet op i to dele, så øverste del af tabellen er for den primære basisstation, mens nederste del er for den "bedste" synopstation i regionen. For lettere at kunne læse tabellen, er stationsnummer og navn for hver regions primære basisstation blevet gentaget nederst. Tabellen er således ikke tro mod filens rigtige format. Selve oplysningerne er forklaret i tabel 3.16. UTM koordinaterne er i meter. Afstanden mellem primære basisstation og synopstation er i km. For nedbørflag gælder, at 1 betyder nedbør ved stationen, 0 betyder tørvejr, og -1 at variabelen manglede.

### 3.5.5 Fase 3 - beregning af afledede variable (program: BER\_KORR)

Ved hver basisstation bliver der beregnet en række afledede meteorologiske variable, som skal bruges til at korrigere nedbørmålingerne i den pågældende region, samt en vejledende korrektionsfaktor og usikkerheden på denne. Der bliver benyttet følgende input- og outputfiler:

- Inputfiler: CLIMA\_AUT, SYNOP\_DK og BASISTAT.LISTE.
- Outputfiler: KORRFAKT.RES.

Beregningerne bliver udført af programmet BER\_KORR, der har nedenstående syntax. Reglerne for programsyntax er beskrevet i afsnit 3.5.2.

### SYNTAX:

```

BER_KORR      -p<basistat.liste> -k<klima_aut> -s<synop_3h> -r<korrfakt.res> [-?]

-p<basistat.liste>    listefil med oplysninger om aktuelle basisstationer
-k<klima_aut>        fil med data fra automatiske klimastationer
-s<synop_3h>         fil med data fra 3 timers synopstationer
-r<korrfakt.res>     fil med afledede variable mv. fra basisstationerne
  
```

Filen KORRFAKT.RES indeholder afledede meteorologiske variable, korrektionsfaktorer og oplysninger om beregningsgrundlaget. Data er kommaseparerede med fast feltbredde af hensyn til læseligheden. I listefilen BASISTAT.LISTE er der en række oplysningerne, der styrer, hvilke data der skal indlæses, hvordan de skal behandles og hvordan eventuelt manglende data skal rekonstrueres. Figur 3.5 viser, hvordan filen KORRFAKT.RES er bygget op. Der er to blokke med data. Først er der en datablok med de meteorologiske variable, som i fase 5 bliver benyttet til at korrigere nedbørmålingerne. Denne blok afsluttes med markøren [end\_of\_data]. Dernæst er der en blok med data, som giver en diagnose på beregningerne. Udover selve data er der kommentarlinier, en formatindikator og kodede beskrivelser af indholdet i de to datablokke. Format og indhold af filen er vist i tabel 3.18, mens et eksempel er vist i tabel 3.19.

# METEOROLOGISKE VARIABLE FOR BASISSTATIONER	(overskrift)
[ format : 1.37 ]	(format version number)
# Bemærkninger:	(blok med bemærkninger)
# [ statno,year,month,day,precip, ... , ]	(kodet beskrivelse af dataindhold)
20209, , 1993, 4, 28, 6, 0, 0.00, ... ,	(blok med meteorologiske variable)
[ end_of_data ]	(markør for afslutning på met. variable)
# DIAGNOSTICS PÅ BEREGNINGER	(overskrift)
# Bemærkninger	(blok med bemærkninger)
# [ statno, st , Estat , Etype , afst , ... , ]	(kodet beskrivelse af diagnoseindhold)
20209, 1, 6030, clima_aut, 11, 0, ... ,	(blok med diagnose data)

*Figur 3.5. Principper for opbygning af filen KORRFAKT.RES, der for hver region indeholder beregnede afledede meteorologiske variable samt korrektionsprocent og usikkerhed herpå. Endvidere er der oplysninger om beregningsgrundlaget.*

Som omtalt i afsnittet om fase 2 bliver synopstationerne klassificeret alt efter mængden og kvaliteten af data. De primære basisstationer måler ikke alle de nødvendige variable, og må supplere manglerne med data fra “den bedste” synopstation i regionen. Argumentet herfor er, at det er bedre at bevare nogle data ved den primære basisstation, som måler i høj tidsopløsning, end det er at forkaste den og benytte en synopstation med dårligere tidsopløsning i stedet. Huller i data bliver rekonstrueret, så vidt det er muligt. Isolerede huller i parametrene vindhastighed, vindretning, temperatur og sneetykkelse rekonstrueres vha. simpel lineær interpolation. Huller i vejrkode, nedbørsum og nedbørvarighed bliver ikke rekonstrueret.

Indhold og dataformat i datafilen KORRFAKT.RES			
(1) meteorologiske variable			
stat_no,erstat_no,year,month,day,hour,minute,Psum,D,I,pcts,Tdry,V10,Vg,Vr,S,w,Fkor,diag,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	nummer på primære basisstation i regionens centrum	-	long
erstat_no	primære basisstation erstattet af denne synopstation	-	long
year	år	-	int
month	måned	-	int
day	dag	-	int
hour	time (UTC)	-	int
minute	minut	-	int
Psum	målt nedbørmængde	mm	float
D	nedbørvarighed	minutter	int
I	regnintensitet	mm/time	float
pcts	sneprocent	procent	float
Tdry	middeltemperatur under nedbør	°C	float
V10	middelvindhastighed i 10 m højde under nedbør	m/sek	float
Vg	middelvindhastighed i målerhøjde under nedbør	m/sek	float
Vr	middelvindretning under nedbør	grader	int
S	sneykkelse	cm	int
w	wettingeffekt	mm	float
Fkor	korrektionsfaktor	procent	float
diag	middeldiagnose på variable	-	float
(2) diagnose på beregninger			
stat_no, st , erstat_no , basis_type , afst , pB , pS , opl , I , pcts , Tdry , Vg , Vr , S , w ,			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	nummer på primære basisstation i regionens centrum	-	long
st	fejlstatus på primære basisstation (1=OK, 0=fejl)	-	int
best_syn	“bedste” synopstation i regionen	-	long
basis_type	stationstype for den aktuelle basisstation	-	char
afst	afstand mellem primære basisstation og synopstation	km	int
pB	nedbørflag for primære basisstation	-	int
pS	nedbørflag for synopstation	-	int
opl	tidsopløsning for nedbørmåling for aktuelle basisstation	timer	int
I	diagnose på beregning af regnintensitet	-	int
pcts	diagnose på beregning af sneprocent	-	int
Tdry	diagnose på beregning af middeltemperatur under nedbør	-	int
Vg	diagnose på beregning af middelvindhastighed under nedbør	-	int
Vr	diagnose på beregning af middelvindretning under nedbør	-	int
S	diagnose på bestemmelse af sneykkelse	-	int
w	diagnose på bestemmelse af wettingtabet	-	int

Tabel 3.18. Indhold og formatbeskrivelse for data i filen KORRFAKT.RES; øverst er det for de meteorologiske variable, nederst er det for data med diagnose på beregningerne. I tabel 3.6 er der forklaringer på symbolerne under type. Hvis diagnosevariablen st=0 er den primære basisstation nede bliver erstattet af “den bedste” synopstation. Hvis st=1 fås nedbørtyper og sneykkelsen fra synopstationen. Diagnosen på beregninger kan have fire værdier: 1=meteorologiske variabel er beregnet ud fra den primære basisstation, 2=beregnet ud fra synopstationen, 3=beregnet som middel af variable fra øvrige regioner, 4=beregnet som klimatologisk værdi.

METEOROLOGISKE VARIABLE																		
stat_no	erstat_no	YYYY	MM	DD	hh	mm	Psum	D	I	pcts	Tdry	V10	Vg	Vr	S	w	Fkor	diag
20209,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	4.7,	197,	0.70,	0.53,	0.3,	4.1,	2.99,	105,	1,	0.13,	1.65,	1.2,
20501,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	3.9,	203,	0.57,	0.63,	0.2,	3.1,	2.14,	111,	3,	0.13,	1.50,	1.3,
21061,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	2.5,	119,	0.62,	0.96,	0.1,	7.1,	4.91,	97,	3,	0.13,	3.24,	1.5,
22231,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	4.8,	206,	0.69,	0.97,	-0.2,	6.8,	4.91,	115,	2,	0.13,	3.33,	1.2,
24381,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	4.5,	192,	0.69,	0.94,	-0.9,	2.5,	1.82,	131,	2,	0.13,	1.59,	1.3,
25271,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	3.2,	126,	0.75,	0.97,	-1.9,	4.2,	2.92,	114,	3,	0.13,	2.16,	1.5,
26401,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	0.7,	29,	0.71,	1.00,	-1.8,	4.0,	2.87,	122,	3,	0.18,	2.17,	1.2,
28281,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	3.1,	78,	1.17,	1.00,	-2.1,	3.6,	2.58,	123,	1,	0.18,	2.02,	1.2,
29451,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	3.7,	74,	1.48,	1.00,	-1.6,	5.0,	3.48,	134,	3,	0.18,	2.53,	1.3,
30421,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	7.1,	116,	1.81,	1.00,	-0.9,	6.7,	4.80,	127,	8,	0.18,	3.44,	1.3,
31351,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	3.9,	163,	0.71,	1.00,	-3.1,	4.6,	3.22,	129,	3,	0.18,	2.47,	1.5,
32082,	-1,	1995,	12,	8,	6,	0,	5.4,	194,	0.82,	0.99,	-0.8,	6.2,	4.44,	142,	3,	0.13,	3.11,	1.2,
DIAGNOSE PÅ BEREGNINGER																		
stat_no	st	best_syn	basis_type	afst	pB	pS	opl	I	pcts	Tdry	Vg	Vr	S	w				
20209,	1,	6030,	clima_aut,	11,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,			
20501,	1,	6048,	clima_aut,	44,	1,	0,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	3,	1,			
21061,	1,	6024,	clima_aut,	16,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,	1,	1,	3,	1,			
22231,	1,	6070,	clima_aut,	30,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,			
24381,	1,	6060,	clima_aut,	48,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,	1,	1,	2,	1,			
25271,	1,	6108,	clima_aut,	14,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,	1,	1,	3,	1,			
26401,	1,	6110,	clima_aut,	37,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,			
28281,	1,	6120,	clima_aut,	20,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,			
29451,	1,	-1,	clima_aut,	-1,	1,	-1,	-1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	3,	1,			
30421,	1,	6170,	clima_aut,	7,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,	1,	1,	2,	1,			
31351,	1,	6143,	clima_aut,	16,	1,	0,	1,	1,	1,	2,	1,	1,	1,	3,	1,			
32082,	1,	6190,	clima_aut,	14,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	2,	1,			

Tabel 3.19. Eksempel på resultater i filen KORRFAKT.RES; øverst er vist meteorologiske variable, nederst diagnose på beregninger. Erstat\_no=-1 angiver, at den primære basisstation fungerede.

usikkerhed :	Nedbør ved stationerne		Basisstation:	Meteorologiske variable fås fra:		
	niveau	aut. klima	synop	type	aut. klima	synop
1	Psum>0	Psum>0	clima_aut	I,Vg,Vr,Tdry	pcts,S	
2	Psum>0	Psum=0	clima_aut	I,Vg,Vr,Tdry,pcts	S	
3	Psum>0	mangler	clima_aut	I,Vg,Vr,Tdry,pcts		S
4	Psum=0	Psum>0	clima_aut		Vg,Vr,Tdry,pcts,I,S	
5	Psum=0	Psum=0	clima_aut	Vg,Vr,Tdry,pcts	S	I
6	Psum=0	mangler	clima_aut	Vg,Vr,Tdry,pcts		S,I
7	mangler	Psum>0	synop_dk		Vg,Vr,Tdry,pcts,S,I	
8	mangler	Psum=0	synop_dk		Vg,Vr,Tdry,pcts,S	I
9	mangler	mangler	mangler			Vg,Vr,Tdry,pcts,S,I

Tabel 3.20. Beregningsgrundlaget for de meteorologiske variable, når der har været nedbør, tørvejr eller mangel på data ved den primære basisstation (aut. klima) og 'den bedste' synopstation (synop) i en region. Grundlaget kan være data fra en automatiske klimastation, en synopstation eller, hvis der mangler data fra en eller begge disse stationer, kan grundlaget være data fra de øvrige stationer eller en klimatologisk værdi.

Usikkerheden på estimerne er blandt andet bundet til i hvor høj grad, der måtte suppleres med data fra en nabostation, og afstanden mellem stationerne. Det er iøvrigt yderst sjældent, at der mangler data ved en primær basisstation. Usikkerheden er også bundet til, om der var nedbør eller

tørvejr ved stationerne, så der kunne beregnes middelværdier under nedbør af meteorologiske variable. Den primære basisstation og 'den bedste' synopstation i en region kan karakteriseres ved enten 'nedbør', 'tørvejr' eller 'data mangler'. Det giver ialt ni beregningssituationer, i hvilke grundlaget for at bestemme variablene er forskelligt. Tabel 3.19 viser grundlaget i hver af de 9 situationer.

I tilfælde af tørvejr ved synopstationen, bliver nedbørstypen bestemt ud fra lufttemperaturen ved den primære basisstation. Hvis der har været tørvejr ved basisstationen, kan der ikke beregnes middelværdier af variable under nedbør. I stedet bliver der som det næstbedste beregnet et døgngennemsnit. Hvis en meteorologisk variabel ikke er blevet målt i en region, bliver den beregnet ud fra værdierne ved de øvrige basisstationer. Det giver fejl i tilfælde af store regionale variationer, men der arbejdes videre med bedre løsninger på dette problem.

Hvis en variabel ikke er målt overhovedet ved synopstationerne i en region, bliver der benyttet en klimatologisk værdi i stedet. Det kan f.eks. være nødvendigt for regnintensiteten, hvis der har været tale om bygevejr, der har givet nedbør ved manuelle nedbørstationer, men ikke ved basisstationerne. Således vokser usikkerhedsniveauet på beregningerne i det store og hele fra niveau 1 til 9 (tabel 3.20). Beregning af usikkerhed vil blive omtalt nøjere i afsnittet herom.

Beregningsgrundlaget for hver enkelt variabel bliver indikeret i filen KORRFAKT.RES (se tabel 3.19), og kan have følgende værdier: 1=beregnet ud fra data fra den primære basisstation, 2=beregnet ud fra data fra en synopstation, 3=beregnet som gennemsnit af variable ved øvrige stationer, og 4=bestemt som en klimatologisk værdi. Usikkerheden på den korrigerede nedbørmængde er således en sammensat størrelse, der er nøje koblet til, hvor godt et grundlag der har været for at beregne hver enkelt meteorologisk variabel.

### 3.5.6 Fase 4 - kontrol af nedbørstationer (program: NED\_LIST)

Regionerne bliver defineret ved at opdele landet i Thiessenpolygoner (figur 3.1), men naturlige grænser mellem regioner (havområder), har højere prioritet end de kunstige polygongrænser. Alle nedbørstationer får tildelt en nærmeste basisstation. Der bliver benyttet følgende filer:

- Inputfiler: OKSTAT.LISTE og BASISTAT.LISTE.
- Outputfiler: NEDBSTAT.LISTE.

Programmet NED\_LIST udfører opgaverne i fase 4 og har nedenstående syntax. Reglerne for programsyntax er beskrevet i afsnit 3.5.2.

SYNTAX:	
NED_LIST	-o<okstat.liste> -b<basistat.liste> -n<nedbstat.liste> [-?]
-o<okstat.liste>	listefil med stationsparametre for stationer, der var i orden
-b<basistat.liste>	listefil med oplysninger om aktuelle basisstationer
-n<nedbstat.liste>	output listefil med oplysninger om nedbørstationer

Ud fra oplysninger i listefilerne OKSTAT.LISTE og BASISTAT.LISTE bliver der lavet en listefil NEDBSTAT.LISTE, som for hver station med måling af døgnnedbør indeholder en række oplysninger:

- Nummer og navn på nedbørstation.
- Højdevinkler for nedbørstation.
- Nummer og navn på nærmeste basisstation.
- Afstand i km mellem nedbørstationen og den nærmeste basisstation.

Med disse oplysninger vil systemet i fase 5 vide, hvilken region hver af nedbørstationerne tilhører, så den rigtige basisstation kan benyttes til at korrigere nedbørmålingen. Formatet for filen NEDBSTAT.LISTE er vist i tabel 3.21. Et udsnit af filen er vist i tabel 3.22.

Indhold og dataformat i datafilen NEDBSTAT.LISTE							
stat_no , stat_navn , n , ne , e , se , s , sw , w , nw , angl , basis_no , basis_navn , afst ,							
Symbol	Forklaring	Enhed	Type	Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stno	stationsnummer	-	long	sw	højdevinkel mod sydvest	grader	int
stnavn	stationsnavn	-	char	w	højdevinkel mod vest	grader	int
n	højdevinkel mod nord	grader	int	nw	højdevinkel mod nordvest	grader	int
ne	højdevinkel mod nordøst	grader	int	angl	vindvægtet højdevinkel	grader	int
e	højdevinkel mod øst	grader	int	basis_no	basisstationens nummer	-	long
se	højdevinkel mod sydøst	grader	int	basis_navn	basisstationens navn	-	char
s	højdevinkel mod syd	grader	int	afst	afstand til basisstation	-	int

Tabel 3.21. Indhold og formatbeskrivelse for data i listefilen NEDBSTAT.LISTE. I tabel 3.6 er der forklaringer på symbolerne under type.

← NEDBØR-STATION →										← NÆRMESTE BASIS-STATION →			
statno	stationens navn	højdevinkler								statno	stationens navn	Δkm	
		n	ne	e	se	s	sw	w	nw				hix
20059,	GULDAGER,	0,	0,	2,	2,	1,	1,	15,	17,	4,	20209,	TYLSTRUP II,	22,
21100,	VESTERVIG,	15,	30,	28,	21,	17,	25,	28,	20,	23,	21061,	SILSTRUP II,	27,
22055,	STEVNSTRUP,	2,	0,	1,	0,	11,	15,	20,	2,	9,	22231,	ØDUM II,	18,
22595,	SPØTTRUP STRAND,	12,	23,	26,	17,	20,	18,	20,	25,	20,	22231,	ØDUM II,	43,
24485,	DØVLING,	3,	3,	2,	0,	18,	22,	10,	3,	11,	24381,	BORRIS II,	19,
26375,	TØNDER FLYVEPLADS,	1,	9,	10,	2,	2,	17,	10,	3,	8,	26401,	STORE JYNDEVAD II,	18,
20010,	RANNERØD,	5,	1,	1,	7,	10,	12,	7,	5,	8,	20209,	TYLSTRUP II,	60,
20470,	STØVRING HEDE,	3,	6,	2,	4,	10,	19,	15,	13,	11,	20209,	TYLSTRUP II,	31,
24121,	BØVLINGBJERG,	0,	1,	4,	2,	10,	8,	0,	0,	5,	06060,	FLYVESTATION KARUP,	58,
28130,	FØNS,	10,	22,	35,	13,	30,	6,	2,	30,	16,	28281,	ÅRSLEV II,	40,
29005,	RØRVIG,	27,	6,	10,	1,	10,	20,	10,	20,	12,	06169,	GNIBEN,	30,
30019,	HORNBÆK RENSEANLÆG,	27,	20,	5,	6,	18,	8,	4,	27,	12,	06169,	GNIBEN,	73,
31610,	NYSTED,	22,	5,	7,	7,	8,	5,	24,	22,	11,	29451,	FLAKKEBJERG II,	77,
31613,	STAVREBY,	12,	17,	24,	5,	1,	1,	2,	0,	5,	29451,	FLAKKEBJERG II,	80,
32035,	HASLE,	15,	2,	2,	10,	13,	13,	13,	11,	11,	06193,	HAMMERODDE FYR,	13,
32240,	ÅKIRKEBY,	1,	27,	20,	1,	1,	1,	1,	3,	4,	06193,	HAMMERODDE FYR,	27,

Tabel 3.22. Udsnit af filen NEDBSTAT.LISTE, der for hver nedbørstation indeholder en række oplysninger, så systemet i fase 5 ved hvilken basisstation der skal benyttes til at korrigere den målte nedbør. hix=vindretningsvægtet læindex, Dkm=afstand i km mellem basisstation og nedbørstation i regionen.

### 3.5.7 Fase 5 - korrektion af punktnedbør (program: KORR\_MAN)

Nedbørmængden målt ved en given nedbørstation bliver korrigeret ved hjælp af de afledede meteorologiske variable, som blev beregnet ved den nærmeste basisstation i fase 3. Endvidere bliver der justeret for læforholdene ved stationen. Den korrigerede nedbør bliver udskrevet i filen NEDB\_DAT.KOR i samme format som den ukorrigerede, dog bortset fra en ekstra kolonne med status på korrektionen (tabel 3.23). Status har værdien 1 hvis det kunne lade sig gøre at korrigere, og værdien 0, hvis det af en eller anden grund ikke kunne lade sig gøre, f.eks. hvis vindhastigheden lå udenfor modellens gyldighedsområde (afsnit 2.6). Der bliver skrevet statistik på korrektionen i en fil NEDB\_KOR.STA. Det giver følgende filer:

- Inputfiler: NEDB\_RAW.DAT og NEDBSTAT.LISTE.
- Outputfiler: NEDB\_DAT.KOR og NEDB\_KOR.STA.

Programmet KORR\_MAN, der udfører opgaverne i fase 5, har nedenstående syntax. Reglerne for programsyntax er beskrevet i afsnit 3.5.2.

SYNTAX:	
KORR_MAN	-i<nedb_dat.raw> -k<korrfakt.res> -n<nedbstat.liste> -o<nedb_dat.kor> -s<statistikfil> [-?]
-i<nedb_dat.raw>	fil med ukorrigerede døggnedbørsummer
-k<korrfakt.res>	fil med afledede variable mv. fra basisstationerne
-n<nedbstat.liste>	listefil med oplysninger om nedbørstationer
-o<nedb_dat.kor>	outputfil med korrigerede døggnedbørsummer
-s<statistikfil>	outputfil med statistik på korrektionerne

Indhold og dataformat i datafilen NEDB_DAT.DAT			
stat_no , year , month , day , hour , rrr , tr , status			
Symbol	Forklaring	Enhed	Type
stat_no	stationsnummer	-	long
year	år	-	int
month	måned	-	int
day	dag	-	int
hour	time (UTC)	-	int
minute	minut	-	int
rrr	nedbørmængde	0.1 mm	int
rrrt	nedbørperiode	timer	int
status	status på korrektionen	-	int

Tabel 3.7. Indhold og formatbeskrivelse for data i filen NEDB\_DAT.RAW. I tabel 3.5 er der forklaringer på symbolerne under type.



I tabel 3.24 er vist et eksempel på statistik på korrektionfaktorer for samtlige stationer med en nedbørmåling. Statistikken, der bliver skrevet i filen NEDB\_KOR.STA, giver et hurtigt overblik over korrektionsforholdene et givet døgn. Korrektionsfaktorens størrelse er bestemt dels af de afledede variable ved basisstationen og dels af læforholdene ved selve nedbørstationen. I filen er der endvidere oplysninger om antallet af stationer med hhv. tørvejr,  $<0.1\text{mm}$  og  $\geq 0.1\text{mm}$ . Af de stationer, hvor der blev målt  $\geq 0.1\text{mm}$ , bliver det oplyst hvor mange og hvilke stationer, der ikke kunne korrigeres fordi vindhastighed, lufttemperatur eller regnintensitet lå udenfor korrektionsmodellens gyldighedsområde.

Nedbørtype	Antal stationer	Korrektionsfaktor			
		Minimum	Maksimum	Standardafv.	Middel
Fast	76	1.08	5.96	0.93	2.08
Blandet	11	1.50	2.93	0.44	2.29
flydende	13	1.04	1.09	0.02	1.06
IALT	100	1.04	5.96	0.90	1.97

*Tabel 3.24. Statistik på korrektionsfaktorer beregnet ved samtlige stationer med nedbørmåling, hvor der faldt mindst 0.1mm nedbør den 3. januar 1995. Det pågældende døgn havde yderligere 305 stationer tørvejr og 39 stationer mindre end 0.1mm nedbør.*

## 4 Beregning af meteorologiske variable

Nedbøren i Danmark bliver ved de fleste stationer målt i 24 timers opløsning, og de meteorologiske variable bliver beregnet, så de repræsenterer hele denne periode. Hvis der er faldet både sne og regn i døgnet, bliver de relevante variable beregnet for hhv. sne- og regndelen af nedbørperioden. En række variable bliver estimeret ved basisstationerne og ekstrapoleret til alle nedbørstationer i hver region, og hvordan disse bliver beregnet vil kort blive skitseret i det følgende.

### 4.1 Bestemmelse af nedbørstypen

For at kunne beregne pcts og vælge den korrekte model til korrektion af nedbørmålinger, skal nedbørstypen i nedbørperioden være kendt. Nedbørstypen bliver observeret ved synopstationer og bliver angivet i form af vejrkoder for vejret på observationstidspunktet, "present weather" (ww), og vejret siden forrige observation, "past weather" (w1 og eventuelt w2):

- "*Present weather*" kodetal ww: beskriver vejret i den 10 minutters periode, der er gået forud for observationstidspunktet, eller hvis der ikke er forekommet noget særligt vejrphænomen i denne periode, så beskriver ww vejret i den sidste time.
- "*past weather*" kodetal w1 og w2: w1 og w2 angiver så fuldstændigt som muligt en beskrivelse af vejrets forløb siden sidste hovedobservation. Hvis der forekommer flere vejrtyper i perioden, har w1 det højeste kodetal.

Pcts bliver beregnet på basis af vejrkoder, der er oversat til nedbørstype. Det kan dog være forbundet med visse praktiske vanskeligheder at bestemme nedbørstypen ved basisstationerne.

Hvis basisstationen er en automatisk klimastation, mangler der observationer af nedbørstypen. Da må pcts i stedet bestemmes ved at skele til observationer af nedbørstypen ved en nærliggende synopstation. Hvis nedbøren ved basisstationen er faldet i samme tidsrum, som nedbørstypen ved synopstationen blev observeret, antages denne at være repræsentativ for klimastationen. Hvis nedbørstypen blev observeret længe før eller efter, der faldt nedbør ved klimastationen, stiller sagen sig anderledes. Da sammenlignes temperaturændringerne såvel som de absolutte værdier ved de to stationer for at vurdere, om nedbørstypen har været konstant, og i modsat fald hvad nedbørstypen sandsynligvis har været ved klimastationen. Hvis der ikke er faldet nedbør ved en egnet synopstation og der mangler vejrobservationer, bliver pcts bestemt på basis af temperaturmålingerne ved klimastationen.

Hvis basisstationen er en synopstation, er sagen mere enkel, og i tilfælde af nedbør fås nedbørstypen ud fra analyser af vejrkoder og lufttemperatur. Hvis der var tørvejr ved stationen, fås nedbørstypen ud fra temperaturmålinger. Hvis det i en region ikke er muligt at bestemme nedbørstypen, fås den som middelværdien af nedbørstypen ved de øvrige basisstationer. Hvis dette også var umuligt, fås nedbørstypen som en klimatologisk værdi.

#### 4.1.1 Nedbørtypen ud fra vejrkode

Hvordan vejrkode bliver omsat til en af nedbørstyperne fast, flydende og blandet nedbør er essentiel for beregning af pcts. Det kan være kompliceret, fordi vejrkode i flere tilfælde er tve- eller mangetydige med hensyn til nedbørstypen. F.eks. betyder kodetal ww=95 "let eller moderat torden med *regn, slud eller sne*", og mens kodetal w1/w2=9 betyder "torden *med eller uden nedbør*". Der er altså frit valg. En liste over vejrkode med flere mulige betydninger er vist i tabel 4.1. Kodetal 17 har fortrinsret for kodetallene 20-49, hvilket gør tolkningen af vejrkode mere besværlig. Endvidere kan der optræde både en og to koder for vejrets forløb. Hvis disse antyder mange mulige typer nedbør, eller endog stiller spørgsmålstejn ved om der overhovedet er faldet nedbør, som f.eks. kodetal 8 og 9 for vejrets forløb, er det nødvendigt at inddrage andre oplysninger for at kunne bestemme nedbørstypen. Betydningen af kodetallene for vejret har efter alt at dømme været uændret siden 1969 (se appendiks). Nøglen til omsætning af vejrkode til nedbørstype, som vil blive beskrevet i det følgende, kan benyttes i hvert fald tilbage til 1969.

VEJRET PÅ OBSERVATIONSTIDSPUNKTET (WW)	
Vejrkode	Beskrivelse
17	Torden hørbar, men ingen nedbør i observationstiden
20	Efter finregn eller kornsne
22	Efter slud eller iskorn
26	Efter slud eller snebyge(r)
29	Efter torden, med eller uden nedbør
87	Lette byger af små ishagl og evt. regn, eller af små snehagl og evt. sne
88	Moderate eller stærke byger af små ishagl og evt. regn, eller af små snehagl og evt. sne
89	Lette byger af ishagl evt. med regn eller slud
90	Moderate eller stærke byger af ishagl evt. med regn eller slud
93	Let sne, slud, små snehagl eller ishagl
94	Moderat eller stærk sne, slud, små snehagl eller ishagl
95	Let eller moderat torden med regn, slud eller sne
97	Stærk torden med regn, slud eller sne
VEJRETS FORLØB (W1 OG W2)	
Vejrkode	Beskrivelse
7	sne, slud, kornsne og iskorn
8	regnbyge(r), sludbyge(r), snebyge(r) eller haglbyge(r)
9	torden med eller uden nedbør

Tabel 4.1. Koder for aktuelle og foregående periodes vejrtype, som ikke entydigt giver, om nedbørstypen har været på fast, blandet eller flydende form, eller om der overhovedet er faldet nedbør.

Tabel 4.2 viser, hvilken nedbørstype vejrkodeerne ww for "present weather", aktuelt vejr, bliver oversat til. I langt de fleste tilfælde taler koderne for sig selv, men for flertydige koder bliver nedbørstypen bestemt ved at supplere med oplysninger om aktuel lufttemperatur og eventuelt også nedbørmængde siden forrige observation.

Det er straks vanskeligere at omsætte koderne for "past weather". For kodetallene 0-6 er nedbørstypen entydig: kodetal 0-4 angiver tørvejr, mens kodetal 5 og 6 indikerer regn. Kodetallene 7-9 er derimod flertydige: kodetal 7 kan svare til slud og sne, kodetal 8 til sne, slud og regn, mens kodetal 9 kan være det hele, både sne, slud, regn og tørvejr. I disse tilfælde må nedbørstypen fastlægges ved at se på supplerende oplysninger.

Vejrkoder ww	Temperaturintervaller (°C)		
	T≤0	0<T≤2	T>2
50-67, 80-82, 91,92	flydende		
68,69,83,84,89,90	blandet		
70-79,85,86,96,99	fast		
87,88	fast	flydende	
93,94	fast	blandet	
95,97	fast	blandet	flydende
20	efter fast	efter flydende	
21,24,25	efter flydende		
22	efter fast		
23	efter blandet		
26	efter fast	efter blandet	
27	efter blandet		
29 og P>0.0 mm	efter fast	efter blandet	efter flydende
øvrige koder	tørt		

Tabel 4.2. Bestemmelse af nedbørstypen på observationstidspunktet ved at sammenholde vejrkode *ww* med lufttemperaturen. *P* er nedbørmængden siden forrige observation.

Nedbørstypen bliver i de flertydige tilfælde fundet ved at analysere: (1) vejrkode *ww* for aktuelle hhv. forrige observationstidspunkt, (2) vejrkode *w1* og eventuelt *w2* for vejrforløbet, (3) lufttemperaturen på aktuelle hhv. forrige observationstidspunkt, (4) ændringen i lufttemperatur siden forrige observation, og (5) nedbørmængden siden forrige observation. Ofte er det kun muligt at oversætte en *ww* kode til en nedbørstype ved at se på den samtidige lufttemperatur, idet det antages, at en lufttemperatur på  $T \leq 0^\circ\text{C}$  sandsynligvis indikerer sne, mens  $0^\circ\text{C} < T \leq 2^\circ\text{C}$  antages at angive slud, og  $T > 2^\circ\text{C}$  regn (Førland et al., 1996). I andre tilfælde fås et væsentligt fingerpeg om nedbørstypen ved at se på temperaturforløbet. Hvis forrige observation angiver sne ved  $+4^\circ\text{C}$ , er det en vigtig oplysning at vide, om temperaturen siden da er faldet. I så fald er nedbørstypen sandsynligvis stadig sne. Hvis temperaturen derimod var steget, ville det være vanskeligt at argumentere for sne, og da vil nedbørstypen blive oversat til regn. I nogle tilfælde, f.eks. kodetal  $w1=9$  for “past weather”, kan nedbørstypen have været alle slags eller endog ingen, nemlig tørvejr. Da er det afgørende at kende nedbørmængden. Metoden til at oversætte kodetallene 7, 8 og 9 for “past weather” er beskrevet nedenfor og vist i tabellerne 4.3, 4.4 og 4.5. Subscript -*h* vil i det følgende angive den forrige aktuelle observation *h* timer før.

Først bliver koderne 7, 8 eller 9 oversat til en nedbørstype vha. tabel 4.3 for kode 7 og tabel 4.4 for kode 8 og 9. Princippet er, at koden for “past weather”, *wx* (= *w1* eller *w2*), bliver sammenholdt med *ww* og *ww<sub>-h</sub>* for at få kortlagt vejrforløbet i perioden. For kodetal 9 bliver analysen kun udført, hvis der er målt nedbør. Det ses af tabellerne, at der er mange muligheder for kombinationer. Hvis analysen giver et entydigt resultat, er nedbørstypen fundet.

Dernæst vil der i tilfælde, hvor det i første omgang ikke var muligt at fastslå nedbørstypen entydigt, blive suppleret med oplysninger om observerede temperaturer, *T* og *T<sub>-h</sub>*, samt temperaturforløb. Disse data bliver sammenlignet med vejrkode *ww* som vist i tabel 4.5. For kodetal 7 kan resultatet af analysen i nogle tilfælde forekomme ulogisk, f.eks. for  $T_{-h} > 2$  og  $T > 2$ , men jfr. definitionen kan kodetal 7 ikke være regn. Så resultatet bliver slud i tilfælde, hvor regn ellers ville være det mest logiske resultat.

wx er 7 (slud, sne)		ww <sub>h</sub>						
		tørt	regn	slud	sne	efter regn	efter slud	efter sne
ww	tørt	ukendt	slud	slud	sne	slud	slud	sne
	regn slud sne	slud slud sne	slud slud ukendt	slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne	slud slud ukendt	slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne
	efter regn slud sne	slud slud sne	slud slud ukendt	slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne	slud slud ukendt	slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne

Tabel 4.3. Bestemmelse af nedbørtypen for kodetal 7 for en periodes vejr ud fra oplysninger om aktuelle (ww) hhv. forrige observations aktuelle nedbørtype (ww<sub>h</sub>). wx=w1 eller w2.

Wx er 8 eller 9 (tørt,regn,slud,sne)			ww <sub>h</sub>						
			tørt	regn	slud	sne	efter regn	efter slud	efter sne
ww	tørt		ukendt	regn	slud	sne	regn	slud	sne
	regn slud sne		regn slud sne	regn regn/slud ukendt	regn/slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne	regn regn/slud ukendt	regn/slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne
	efter regn slud sne		regn slud sne	regn regn/slud ukendt	regn/slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne	regn regn/slud ukendt	regn/slud slud slud/sne	ukendt slud/sne sne

Tabel 4.4. Bestemmelse af nedbørtypen for kodetal 8 og 9 for en periodes vejr ud fra oplysninger om aktuelle (ww) hhv. forrige observations aktuelle nedbørtype (ww<sub>h</sub>). wx=w1 eller w2.

Temperaturforhold		wx=7 (slud,sne) Nedbørtype jfr. tabel 3.13		wx=8 eller 9 (tørvejr,regn,slud,sne) Nedbørtype jfr. tabel 3.14		
T <sub>h</sub>	T	ukendt	slud/sne	ukendt	regn/slud	slud/sne
T <sub>h</sub> ≤ 0	T ≤ 0	sne	sne	sne	slud	sne
	0 < T ≤ 2	slud/sne	slud/sne	slud/sne	slud	slud/sne
	T > 2	slud	slud/sne	slud	regn/slud	slud/sne
0 < T <sub>h</sub> ≤ 2	T ≤ 0	slud/sne	slud/sne	sne	slud	slud/sne
	0 < T ≤ 2	slud	slud	slud/sne	slud	slud/sne
	T > 2	regn/slud	slud	slud	regn/slud	slud
T <sub>h</sub> > 2	T ≤ 0	slud	slud/sne	slud	regn/slud	slud/sne
	0 < T ≤ 2	regn/slud	regn/slud	regn/slud	regn/slud	slud/sne
	T > 2	slud	slud	regn	regn	slud

Tabel 4.5. Bestemmelse af nedbørtypen for vejrcode wx (=w1 eller w2) ved at sammenholde oplysninger fundet i tabel 4.3 eller 4.4 med periodens temperaturforhold. Bliver kun benyttet, hvis resultatet af analysen i tabel 4.3 og 4.4 er tvetydigt eller ukendt, og for kodetal 9 kun hvis der er målt nedbør i perioden.

Over en periode på f.eks. 3 timer kan der forekomme flere nedbørtyper, hvilket kan være givet ved forskellige værdier af w1 og w2. I nogle af 'hængepartierne' fra tabel 4.3 og 4.4 giver tabel 4.5 ikke noget entydigt svar på nedbørtypen, men alle tilfælde med ukendt nedbørtype er blevet løst. Når sneprocenten pct bliver beregnet, får regn, slud og sne tildelt værdier på hhv. 0.0, 0.5 og 1.0. Hvis nedbørtypen ikke kunne bestemmes entydigt, bliver der tildelt mellemværdier, f.eks. får typen 'sne/slud' tildelt værdien 0.75 og 'regn/slud' værdien 0.25.

#### 4.1.2 Nedbørtypen på basis af temperatur

Hvis der mangler vejrkoder, bliver nedbørtypen bestemt ud fra temperaturmålingerne. Hvis der var tørvejr hele døgnet, bliver hver temperaturmåling omsat til en nedbørtype. Hvis der er faldet nedbør, bliver kun temperaturmålinger for nedbørperioden omregnet til nedbørtype. Da nedbør er faldet over perioden siden forrige observation, er det mest korrekt at bestemme nedbørtypen ud fra forrige og aktuelle temperaturmåling,  $T_h$  og  $T$ , og temperaturforløbet. Der benyttes, at  $T \leq 0^\circ\text{C}$  svarer til sne,  $0^\circ\text{C} < T \leq 2^\circ\text{C}$  slud, og  $T > 2^\circ\text{C}$  regn (Førland et al., 1996). En periodes nedbørtype bliver da "et kompromis" mellem periodens start- og slutnedbørtype. Dette enkle princip er vist i tabel 4.6.

		Forrige temperatur og nedbørtype		
		$T_h \leq 0$ (sne)	$0 < T_h \leq 2$ (slud)	$T_h > 2$ (regn)
Aktuelle temperatur og nedbørtype	$T \leq 0$ (sne)	sne	sne/slud	slud
	$0 < T \leq 2$ (slud)	sne/slud	slud	slud/regn
	$T > 2$ (regn)	slud	slud/regn	regn

Tabel 4.6. Bestemmelse af nedbørtype for en periode ud fra forrige og aktuelle temperaturobservation.

#### 4.1.3 Nedbørtypen ved en automatisk klimastation ud fra vejrkoder

Hvis der er faldet nedbør ved både basisstationen (en automatisk klimastation) og en nærliggende synopstation, fås nedbørtypen fra vejrkoderne her. Tidsopløsningen ved automatiske klimastationer er 1 time, så hvis observationen ved de to stationer er fra samme tidspunkt, fås nedbørtypen fra vejrkode  $w_1$ , ellers fra  $w_1$  og  $w_2$ . Hvis  $w_1$  og  $w_2$  er forskellige, bliver nedbørtypen et 'kompromis' som vist i tabel 4.7. Proceduren for at omsætte vejrkoder til nedbørtype er beskrevet tidligere. Hvis vejrkoderne ved synopstationen indikerer tørvejr, men der er faldet nedbør ved klimastationen, bliver nedbørtypen bestemt efter følgende fremgangsmåde:

- Der søges efter den i tid nærmeste vejrkode, der indikerer nedbør, men kun indenfor  $\pm 3$  observationer.
- Hvis dette ikke gav resultat, fås nedbørtypen ud fra lufttemperaturen.
- Hvis der blev fundet en vejrkode med oplysning om nedbørtype, bliver denne sammenlignet med aktuell lufttemperatur og temperaturforløb ved basisstationen for at se, om den er sandsynlig eller skal ændres (tabel 4.8).

		Nedbørtypen givet ved $w_2$					
		tørt	regn	regn/slud	slud	slud/sne	sne
Nedbørtypen givet ved $w_1$	tørt	tørt	-	-	-	-	-
	regn	regn	regn	regn/slud	regn/slud	slud	slud
	regn/slud	regn/slud	regn/slud	regn/slud	slud	slud	slud
	slud	slud	regn/slud	slud	slud	slud/sne	slud/sne
	slud/sne	slud/sne	slud	slud	slud/sne	slud/sne	slud/sne
	sne	sne	slud	slud	slud/sne	slud/sne	sne

Tabel 4.7. Bestemmelse af nedbørtypen som 'kompromis' mellem vejrkoderne  $w_1$  og  $w_2$ .

Ideen bag tabel 4.8 er, at et temperaturfald vil sandsynliggøre en ændring af nedbørtypen mod fast nedbør, mens en temperaturstigning vil sandsynliggøre en ændring mod flydende nedbør.

Hvis der f.eks. ved synopstationen blev observeret sne ved +4°C to timer før der faldt nedbør ved klimastationen, og temperaturen her siden da er faldet, så regnes det for mest sandsynligt, at nedbørstypen stadig er sne. Ud fra temperaturen alene ville nedbørstypen være blevet sat til regn. Hvis temperaturen derimod var steget, er det vanskeligt at argumentere for sne, og da vil nedbørstypen blive sat til regn.

Lufttemperatur		Nedbørstype ved i tid nærmeste observation				
ændring	aktuelle	regn	regn/slud	slud	slud/sne	sne
-	$T \leq 0$	sne	sne	sne	sne	sne
faldende	$0 < T \leq 2$	slud	regn/slud	slud	slud/sne	sne
	$2 < T$	regn	regn/slud	slud	slud/sne	sne
uændret	$0 < T$	regn	regn/slud	slud	slud/sne	sne
stigende	$0 < T \leq 2$	regn	regn	slud	slud	slud
	$2 < T$	regn	regn	regn	regn	regn

Tabel 4.8. Fastlæggelse af nedbørstypen ved en automatisk klimastation ved at sammenligne temperaturforholdene her med den i tid nærmeste observation af nedbørstypen givet ved en vejrkode ww, w1 eller w2.

## 4.2 Regnintensitet

Regnintensiteten  $I$  er let at bestemme, hvis basisstationen er en automatisk klimastation, idet der her er målinger af nedbørvarighed  $D$  og -mængde  $P_m$ . Da er intensiteten omtrent givet ved  $I = P_m/D$ . Imidlertid bliver  $D$  og  $P_m$  målt af en Geonor måler, der har anderledes aerodynamiske egenskaber end både pluviograf og Hellmann, så målingerne af regnintensitet opfylder ikke helt forudsætningerne for korrektionsmodellen for regn jfr. afsnit 2.1. For at dæmpe den bias på korrektionsestimaterne, der fremkommer herved, bliver Geonor intensiteten  $I$  korrigeret vha. en justeringsfaktor  $j$ , så den kommer til at ligne den værdi, en pluviograf ville måle. Så korrigeret Geonor regnintensitet  $I_{adj} = jI$ . Statistiske analyser af intensitetsdata og intensitetsfordelinger fra pluviograf-, Geonor-, Rimcomålinger har ført frem til en sådan justeringsfaktor for hver måned i året (tabel 4.9). Der er gjort rede for baggrunden for at lave disse analyser i Allerup, Madsen og Vejen (1998).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
justeringsfaktor $j$	0.46	0.48	0.48	0.51	0.58	0.58	0.57	0.54	0.57	0.55	0.50	0.49

Tabel 4.9. Justeringsfaktor til brug for justering af Geonor regnintensiteter, så de umiddelbart kan bruges i modellen til korrektion af flydende nedbør.

Det er straks vanskeligere at bestemme intensiteten, hvis basisstationen er en synopstation. Blot 10 år tilbage i tiden er der kun sparsomme eller ingen målinger af intensiteten  $I$ . Da må  $I$  skaffes ad anden vej.

Häggmark (1995) har udviklet en metode, der benytter koderne for “present weather” (ww) ved synopstationer til at give et fingerpej om  $I$ , men med stor usikkerhed. Metoden bygger på analyser af ialt 136000 datasæt bestående af 12 timers nedbørsum og tilhørende 4 vejrkode ww for perioden, og der blev fundet ialt 10 intensitetsklasser for 3 timers nedbørsum. Hver enkelt vejrkode for aktuelt vejr, ww, tilhører en bestemt intensitetsklasse, hvis værdi blot aflæses i en tabel. En sådan er vist i tabel 4.10, mens klassernes intensitetsværdier er vist i tabel 4.11.

Værdierne i tabel 4.11 skal justeres for forskelle i normal nedbøren. Værdierne i tabellen regnes for at være repræsentative for en station med en normalnedbør på 1000 mm/år. Hvis en station har normalnedbøren  $N$  mm/år, bør værdierne i tabel 4.11 ganges med en faktor  $f=N/1000$ .

Som forventet er usikkerheden stor på denne metode. Hvis f.eks.  $I=7.98$  mm/3h er  $\sigma=2.40$ . Metoden bruger ikke "past weather" koderne, hvilket er uheldigt når ww indikerer tørvejr i situationer, hvor der faktisk er faldet nedbør i perioden siden forrige observation.

ww	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	2	0	1	2	3	1	0
20	1	3	1	3	1	3	1	2	0	5
30	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0
40	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
50	1	2	2	3	3	5	1	2	3	4
60	3	4	4	7	8	10	2	1	3	7
70	1	2	2	4	2	7	1	1	1	1
80	3	6	7	3	4	1	2	2	5	5
90	5	4	10	9	9	7	4	9	0	8

Tabel 4.10. Intensitetsklasse for hver enkelt vejrkode for aktuelt vejr, ww (Häggmark, 1995).

Intensitet	Intensitetsklasser										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.00	0.16	0.45	0.85	1.70	2.38	2.93	3.78	5.53	7.22	7.98

Tabel 4.11. Intensitetsværdien i mm/3timer i hver af klasserne vist i tabel 4.1 (Häggmark, 1995).

Standardafvigelsen  $\sigma$  er fastlagt empirisk for hver klasse og er givet ved:

$$s = \begin{cases} 0.4 & \text{hvis } I \leq 0.1 \\ 0.6 & \text{hvis } 0.1 < I \leq 0.2 \\ 0.58 \cdot I + 0.86 & \text{hvis } I > 0.2 \end{cases} \quad (\text{Häggmark, 1995}) \quad (12)$$

Hvis Häggmarks metode giver at  $I=0$  mm/time, og der er faldet nedbør ved synopstationen, bliver der gjort nogle antagelser og approximationer for alligevel at kunne få intensiteten. Situationen bliver sidestillet med, at der er tørvejr ved basisstationen. Hvis der således var tørvejr ved basisstationen, bliver intensiteten  $I$  bestemt som middelværdien af  $I$  ved de stationer, hvor det var muligt at beregne den. Hvis dette ikke gav noget resultat, fås  $I$  som en årstidsafhængig klimatologisk værdi.

### 4.3 Sneprocent

Sneprocenten pcts angiver hvor stor en del af nedbøren, der faldt som sne. For hver observation i døgnet er nedbørtypen blevet bestemt. Metoderne hertil er blevet beskrevet tidligere. Hovedproblemet er nu at finde ud af, hvor stor en del af nedbøren, der faldt som sne, blandet nedbør og regn. Dette er muligt ud fra sneprocenten pcts jfr. afsnit 2.3. Da nedbøren



som regel er ujævnt fordelt over tid, bliver pcts ved automatiske klimastationer bestemt ved at vægte nedbørstypen  $t_i$  for hver observation  $i$  med nedbørmængden  $P_i$ :

$$pcts = \frac{\sum_{i=0}^N P_i \cdot t_i}{\sum_{i=0}^N P_i} \quad (13)$$

hvor  $t_i$  kan have værdier mellem 0 og 1. Hvis der er faldet nedbør ved stationen, bliver nedbørstypen bestemt enten ud fra vejrkodeerne ved nærmeste synopstation eller ud fra lufttemperaturen jfr. afsnittet om bestemmelse af nedbørstype. Hvis der ikke er faldet nedbør overhovedet, fås pcts ud fra, i hvor lang tid lufttemperaturen har ligget i intervallerne  $T \leq 0^\circ\text{C}$  for sne,  $0^\circ\text{C} < T \leq 2^\circ\text{C}$  for blandet nedbør og  $T > 2^\circ\text{C}$  for regn. Ved synopstationer med tørvejr benyttes samme fremgangsmåde.

Ved synopstationer, hvor der er faldet nedbør, er situationen mere speciel. Her er der mere detaljerede oplysninger om nedbørstypen indenfor hver observationsperiode  $j$ , givet ved WMO vejrkodeerne for “present” (ww) og “past weather” (w1 og w2). For at udnytte disse oplysninger til at bestemme pcts, må der ses på nogle bestemte regler, der definerer hvor lang en periode hver af kodeerne repræsenterer.

Hvis ww koden angiver “efter nedbør”, siger forskrifterne, at der er faldet nedbør indenfor sidste time, men ikke på observationstidspunktet. Altså kan nedbøren have varet i op til 50 minutter. Hvis w1 og w2 samtidig angiver nedbør, kan nedbøren for en 3 timers synopstation have varet i yderligere 120 minutter. Dvs. ialt op til 170 minutter. Hvis w1 angiver nedbør men w2 tørvejr, antages det som bedste gæt, at nedbøren kun har varet i den halve periode, 60 minutter, hvilket ialt giver 110 minutter.

Hvis ww derimod angiver nedbør på observationstidspunktet, repræsenterer koden en periode på kun 10 minutter. Hvis w1/w2 samtidig angiver nedbør, kan denne have varet i op til 170 minutter for en 3 timers synop, men hvis w2 angiver tørvejr, antages som før en varighed på halvdelen. Ved beregning af pcts indføres der derfor en vægtning  $c$ , hvis værdi er bestemt af den maksimalt mulige nedbørvarighed ved forskellige kombinationer af ww, w1 og w2 (tabel 4.12).

Maksimal nedbørvarighed	w1=nedbør w2=nedbør		w1=nedbør w2=tørvejr		w1=tørvejr w2=tørvejr	
ww=tørvejr	$c_{ww}=0$ $c_{w1}=p/2p$ $c_{w2}=c_{w2}$	$p=t-10$	$c_{ww}=0$ $c_{w1}=(t-10)/2p$ $c_{w2}=0$	$p=(t-10)/2$	$c_{ww}=0$ $c_{w1}=0$ $c_{w2}=0$	-
ww=efter nedbør	$c_{ww}=50/p$ $c_{w1}=(t-60)/2p$ $c_{w2}=c_{w2}$	$p=t-10$	$c_{ww}=50/p$ $c_{w1}=(t-60)/2p$ $c_{w2}=0$	$p=50+(t-60)/2$	$c_{ww}=50/p$ $c_{w1}=0$ $c_{w2}=0$	$p=50$
ww=nedbør	$c_{ww}=10/p$ $c_{w1}=(t-10)/2p$ $c_{w2}=c_{w2}$	$p=t$	$c_{ww}=10/p$ $c_{w1}=(t-10)/2p$ $c_{w2}=0$	$p=10+(t-10)/2$	$c_{ww}=10/p$ $c_{w1}=0$ $c_{w2}=0$	$p=10$

Tabel 4.12. Værdien af vægtninger  $c$  af nedbørstypen for en  $t$  timers synop ved forskellige kombinationer af nedbør og tørvejr givet ved vejrkodeerne ww, w1 og w2.  $p$ =maksimalt mulige nedbørvarighed.

Ud fra overvejelserne om nedbørvarighed bliver pcts bestemt ved:

$$pcts = \frac{\sum_{j=0}^N \left[ P_j \cdot (t_{j(ww)}c_{j(ww)} + t_{j(w1)}c_{j(w1)} + t_{j(w2)}c_{j(w2)}) / (c_{j(ww)} + c_{j(w1)} + c_{j(w2)}) \right]}{\sum_{j=0}^N P_j} \quad (14)$$

hvor t er nedbørtypen indikeret ved vejrkodeerne ww, w1 og w2 for observation i, mens c er den tilsvarende maksimale nedbørvarighed givet ved tabel 4.12. På denne måde bliver nedbørtypen for perioden i vægtet med de mere detaljerede oplysninger, som ww, w1 og w2 kan give.

Det antages i dette udtryk, at nedbørmængden er ligeligt fordelt over tid for hver observation i. Figur 2.3 viser en relation mellem to forskellige måder at beregne pcts: den ene giver, hvor lang tid der faldt sne i forhold til den totale nedbørperiode, den anden giver, hvor stor en del af den samlede nedbørmængde, der faldt som sne. Spredningen omkring identitetslinien viser, at det i langt de fleste tilfælde vil give tilfredsstillende resultater at benytte simple observationer af nedbørens varighed. Dette underbygger den simplificerede antagelse, at nedbørmængden er ligeligt fordelt over tid.

#### 4.4 Middelværdi under nedbør af vindhastighed og lufttemperatur

Vindhastigheden ved stationerne er sædvanligvis målt i 10 meters højde, men i enkelte tilfælde er der afvigelse herfra. Vindhastigheden i målerhøjde 1.5 m bliver beregnet ved hjælp af den logaritmiske vindlov, og hvis snetykkelsen er blevet målt, benyttes den til nulplansforskudning.

Det er nogenlunde ligetil at beregne middelværdi under nedbør af lufttemperatur og vindhastighed, vel og mærke hvis tidsrummet for, hvorhår nedbøren er faldet, er kendt. Hvis der ikke er faldet nedbør ved basisstationen, bliver variable beregnet som døgn gennemsnit. Hvis der er faldet nedbør ved en automatisk klimastation, angiver data at det er sket siden forrige observation, og det er ud fra målingerne umuligt at vide hvornår i perioden, nedbøren er faldet. Det er da rimeligt at antage, at middelværdier under nedbør er bedst givet ved gennemsnittet af de observerede værdier før og efter. Ved en synopstation oplyser vejrkodeerne, om der var nedbør eller ej på observationstidspunktet og i tiden siden forrige observation, hvilket benyttes til at vægte middelværdien under nedbør.

#### 4.5 Snetykkelse, wetting og fordampning

Snetykkelsen ved en synopstation er givet ved en måling kl. 0600z. Snetykkelsen på andre tidspunkter fremkommer ved at interpolere mod observationen det efterfølgende døgn. Hvis basisstationen er en automatisk klimastation, fås snedybden fra den nærmeste synopstation. Hvis det ikke var muligt, fås snedybden ved basisstationen enten som en middelværdi af snedybden ved de basisstationer, hvor den blev observeret, eller som en klimatologisk værdi.

Wetting fås ud fra tabellagte værdier, der afhænger af årstiden og nedbørtypen (tabel 2.1). Fordampning er ubetydelig for den danske Hellmann nedbørmåler jfr. tabel 2.2, og korrektion herfor er derfor udeladt.

#### 4.6 Faktorer der indvirker på usikkerheden på estimatet

Mange forhold har betydning for, hvor stor usikkerheden på den korrigerede nedbør er:

- Målingernes opløsning i tid og rum.
- Hvor repræsentative målingerne er i tid og rum.
- Usikkerhed på måleudstyr.
- Usikkerhed på selve korrektionsmodellen, idet der gælder, at ved 1×standardafvigelsen er usikkerheden på korrektionsfaktoren  $\pm 8\%$  for snemodellen og  $\pm 6\%$  for regnmodellen.
- Usikkerhed på metoder til beregning af meteorologiske variable.
- Om T, I og V ligger indenfor modellernes gyldighedsområde eller ej.
- Beregningsgrundlaget: om der er faldet nedbør ved basisstationen eller ej.

Usikkerheden er kædet sammen med, på den ene side hvor godt målingerne repræsenterer forholdene under nedbør, og på den anden hvor godt en basisstation repræsenterer variationerne i tid og rum i dens hydrografiske opland. F.eks. sker det af og til, at T, I og V under nedbør ikke kan beregnes pga. tørvejr ved basisstationerne, så her må T, I og V beregnes som døgnværdier. Dette er almindeligt i bygesituationer.

Usikkerheden på korrektionsestimatet vokser med afstanden til basisstationen. Afstanden mellem nedbørstationer og basisstationer i hver region og for hele landet er sammenfattet i tabel 4.13. Det fremgår, at 90% af nedbørstationerne ligger inden 50 km fra basisstationerne, 73% indenfor 40 km, og 52% indenfor 30 km. Usikkerheden på korrektionsestimatet er blevet undersøgt som funktion af afstanden fra basisstationen, og nogle resultater er vist i tabel 4.14. Analysen er foretaget ved at se på, hvor meget korrektionsestimatet ved en vilkårlig basisstation afviger fra sandheden, hvis en eller flere af de meteorologiske variable V, I, T og pcts tages fra en nabostation, der ligger f.eks. 50 km eller 100 km borte. Sandheden skal her forstås som det estimat, der fås, hvis de meteorologiske variable tages fra basisstationen selv.

Basisstation	Afstand mellem nedbørstation og basisstation									max	gns
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	>70			
TYLSTRUP II	1	6	15	9	5	1	3	2	74	33.0	
HORNUM II	5	10	13	12	1	1	0	0	50	23.8	
SILSTRUP II	2	5	9	3	3	2	0	0	56	27.1	
ØDUM II	1	2	7	17	8	5	1	1	99	37.6	
BORRIS II	1	2	4	4	22	9	0	0	55	41.4	
ASKOV II	4	9	9	9	8	3	0	0	55	28.6	
STORE JYNDEVAD II	2	5	15	10	3	2	0	0	56	27.6	
ÅRSLEV II	5	10	13	8	5	0	1	0	67	24.5	
FLAKKEBJERG II	4	11	10	4	6	1	2	0	68	26.9	
LEDREBORG ALLE II	1	5	8	12	11	4	1	0	63	35.5	
ABED II	3	10	8	7	4	4	1	1	80	28.8	
KLEMENSKER Ø	8	7	2	0	0	0	0	0	27	12.2	
IALT	37	82	113	95	76	32	9	4	62.5	30.6	
procent	8,3	18,3	25,2	21,2	17,0	7,1	2,0	0,9	-	-	

Tabel 4.13. Antal nedbørstationer i forskellig afstand fra basisstationen i hver region og for samtlige regioner. Endvidere er vist maksimale og gennemsnitlige afstand i hver region og ialt.

Udover den usikkerhed, korrektionsmodellen giver anledning til, skal der således tillægges en interpolationsusikkerhed, som målt med sædvanlig regressionsanalyseteknik ytrer sig ved en root-mean-square error (RMSE), som er givet i tabel 4.14. I tabellen er usikkerheden også givet i procent. Det skal understreges, at der er tale om usikkerheden på korrektionsfaktoren, og ikke V, I, T og pcts. Hvis samtlige variable f.eks. tages fra en station 50 km borte, er usikkerheden på korrektionsfaktoren 11%. Dette er interessant, fordi langt hovedparten af nedbørstationerne (90%) ligger indenfor denne afstand fra en basisstationen.

Afstand km	V,I,T,pcts		V		I		T		pcts	
	rmse	pct	rmse	pct	rmse	pct	rmse	pct	rmse	pct
50	0.10	11	0.08	8	0.02	2	0.03	3	0.07	7
100	0.14	15	0.10	11	0.03	3	0.03	3	0.09	9

Tabel 4.14. Usikkerheden på korrektionsfaktoren ved en basisstation, hvis en eller samtlige meteorologiske variable V, I, T og pcts (vindhastighed, regnintensitet, lufttemperatur og sneprocent) er blevet målt ved en station 50km eller 100km borte. Rmse=root-mean-square error.

Det hænder, at V, I, T eller pcts mangler ved en basisstation og må skaffes fra andre basisstationer eller en nærliggende synopstation. Hvis målingerne ved en basisstation bliver suppleret med V målt f.eks. 50 km borte, bliver bidraget til usikkerheden på den lokale korrektionsfaktor 8%. Hvis I, T eller pcts bliver hentet fra en station 50 km borte, bliver bidraget hhv. 2%, 3% og 7%. Ved en afstand på 100km bliver usikkerheden kun forøget ubetydeligt. Det må nævnes, at der ikke er noget i resultaterne, der giver anledning til de store isotropiovervejelser.

Af kontinuitetsgrund skal basisstationerne være stabile over tid, men selv for gode stationer kan der forekomme afbrydelser i dataserien. Stationer med god tidsopløsning og det nødvendige målingsprogram har kun eksisteret i en ret kort periode. Mens nogle synopstationer med målinger hver 6. time har eksisteret i 30 år eller mere, startede systematiske målinger hver 3. time først i løbet af 1980'erne, og de automatiske klimastationer med målinger hver time har kun eksisteret i omkring 10 år. Det kan give homogenitetsbrud i korrigerede tidsserier, hvis der undervejs skiftes fra en basisstation til en anden. Ændringer i stationsnettet har indflydelse på, hvor repræsentative målingerne er i hver region, og det kan være vanskeligt at sammenligne korrigeret nedbør fra forskellige perioder. Da tidsopløsningen for ældre data er dårligere end for nye, bliver korrektionsestimaterne mere unøjagtige bagud i tid.

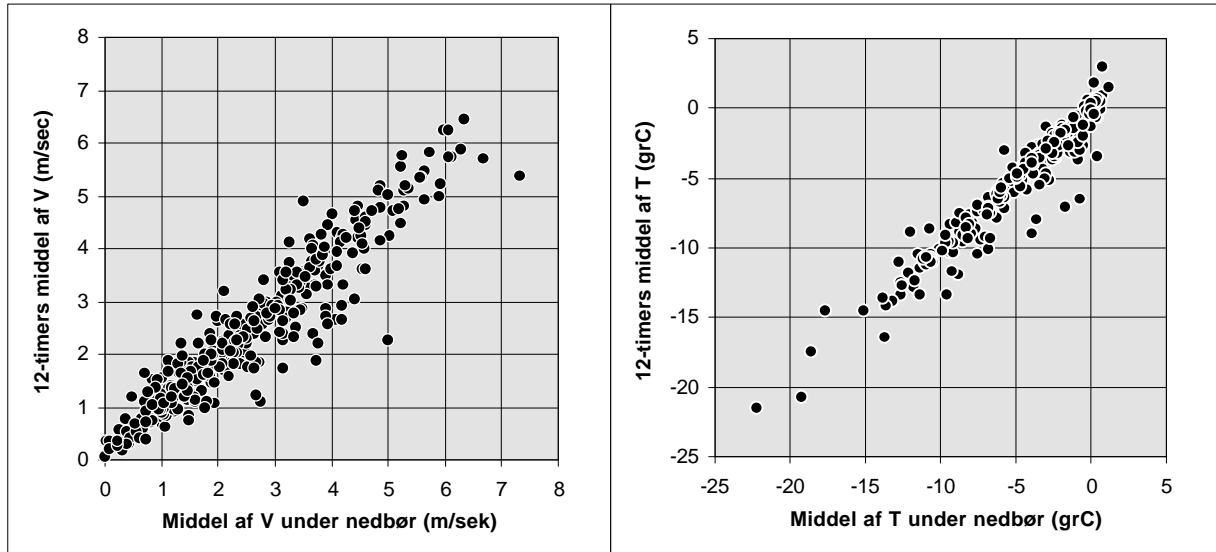
Usikkerheden på korrektionsfaktoren er også bestemt af datagrundlagets art, f.eks. hvor hyppigt og på hvilken måde variable er blevet målt. Det er klart, at der er en sammenhæng mellem tidsopløsning og hvor godt målingerne repræsenterer forholdene under nedbør. Med de typer data, der er tilgængelige for det nuværende system fås det sikreste estimat derfor, når basisstationen er en automatisk klimastation og der er faldet nedbør ved den. Derimod er usikkerheden størst, hvis det pga. manglende data var nødvendigt at basere estimatet på klimatologiske værdier af de afledede variable. Mellem disse yderpunkter er der en række niveauer af usikkerhed på estimatet, disse niveauer går kun på datagrundlagets art. På hvert niveau vil usikkerheden afhængig af nedbørforholdene, f.eks. af nedbørens varighed og rumlige udbredelse og variation. Disse influerer dels på hvor godt målingerne repræsenterer forholdene under nedbør, og dels på hvor godt variable ved en basisstation repræsenterer forholdene ved nedbørstationerne i dens hydrografiske opland. Datagrundlaget i hvert usikkerhedsniveau fremgår af tabel 3.20.

Ved automatiske klimastationer bliver nedbørstypen ikke registreret, så den hentes fra en synopstation i nærheden, givet ved synopkoder. Det kan være temmelig vanskeligt at bestemme nedbørstypen ud fra vejrkoder. Flere af vejrkoderne for nedbør er ofte flertydige, og må kombineres med lufttemperatur for at nå frem til den sandsynligste nedbørstype. Ofte er der ikke faldet nedbør ved basisstationer, så lufttemperaturen alene må benyttes som indikation for nedbørstypen. Hvis der udelukkende bliver benyttet synopdata som basis for korrektion, er det et yderligere bidrag til usikkerheden, at det er vanskeligt at bestemme regnintensiteten ud fra vejrkoderne for aktuelt vejr. Usikkerheden på Hæggmarks metode (1995) er givet ved udtryk (12) for standardafvigelsen i forskellige intensitetsklasser.

Hvis der mangler data ved en station, bliver variable beregnet som middelværdi af værdien ved de basisstationer, hvor de kunne beregnes. Hvis dette var umuligt, benyttes klimatologiske værdier i stedet. Trods problemer med repræsentativitet er disse skridt formentlig en bedre løsning end at udlade at korrigere. Usikkerheden på en afledet variabel er mindst, når den er beregnet på grundlaget af data fra automatiske klimastationer, større når data er fra synopstationer, og klart størst når variabelen er fået som en rent klimatologisk værdi.

Både nedbørmængde og meteorologiske variable ved basisstationerne bliver målt i langt finere tidsopløsning end ved de fleste nedbørstationer. Hvis nedbøren er faldet over en forholdsvis kort periode, varierer de meteorologiske variable formentlig kun lidt i nedbørperioden. Men det kan bidrage væsentligt til usikkerheden på estimatet, hvis de meteorologiske variable varierer så meget i nedbørperioden, at de ikke er repræsentative for nedbørhændelsen. Hvis f.eks. nedbørmængden et døgn er sammensat af en stor mængde nedbør, som er faldet ved lav vindhastighed, og en lille mængde nedbør, som er faldet ved høj vindhastighed, vil middelvindhastigheden under nedbør repræsentere forholdene dårligt. Den korrigerede nedbørmængde vil blive for stor. I et maritimt klima som Danmarks antages det, at for nedbørhændelser, der varer op til et døgn, bidrager variationer i de meteorologiske variable kun ubetydeligt til usikkerheden på korrektionsestimatet. Taget over en lang periode vil udsvingene efter alt at dømme udjævne hinanden.

Konsekvensen af at benytte døgnmidler frem for middelværdi under nedbør er blevet undersøgt. Når der bliver arbejdet med enkelte hændelser, kan middelværdien for et døgn i nogle tilfælde afvige en del fra gennemsnittet under nedbør, som figur 4.1 viser, og det kan batte noget på den korrigerede nedbørmængde, særlig ved lave temperaturer og høje vindhastigheder. Figuren antyder dog også, at taget over en lang periode vil fejlene nogenlunde ophæve hinanden. Analyser af nedbørdata fra Jokioinen 1987-1993 viste, at taget over en lang periode vil den korrigerede nedbørmængde blive underestimeret med 4-5%, når der bliver benyttet døgn gennemsnit af V og T.



Figur 4.1. Middelværdi under nedbør sammenlignet med middelværdi for et halvdøgn af vindhastighed og temperatur. Data er fra Jokioinen, Finland, 1987-1993.

## 5 Eksempler på korrektion

### 5.1 Case study: snestormen 1996

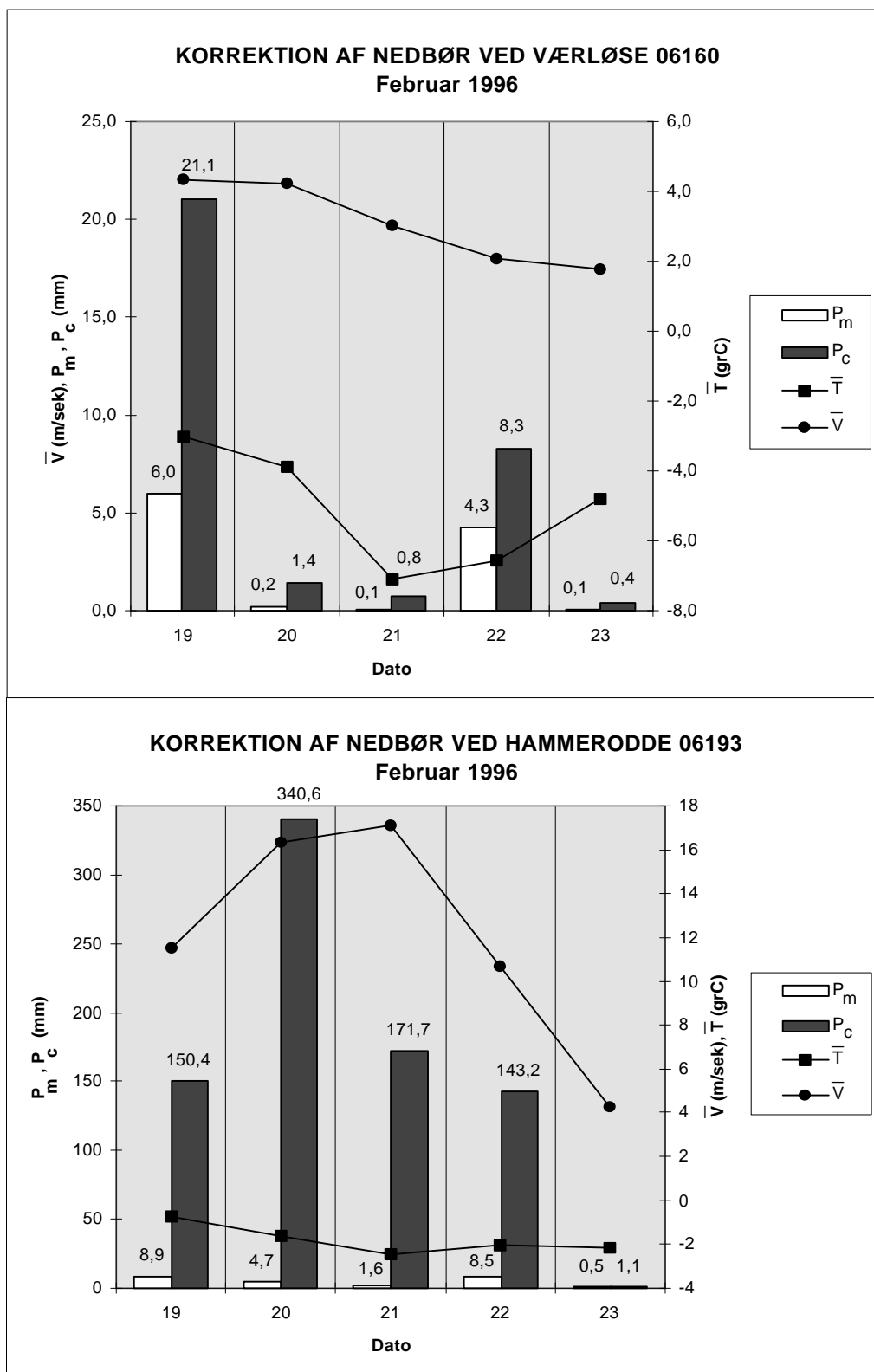
I februar 1996 blev Danmark generet af et kraftigt snevejr. Nogle citater fra Politiken 22. februar: “Snestormen tog livtag med bornholmerne. Pansrede køretøjer havde fortsat travlt igår”, “Udkørsel umulig efter voldsomt snefald” (Bornholm), “Et nyt snevejr over den østlige del af landet skabte onsdag problemer på Bornholm hvor snedriverne er meterhøje”. Det er derfor værd at se på, hvor meget nedbør der blev målt, og ikke mindst give et bud på, hvor meget der egentlig faldt vindeffekten taget i betragtning. Dette er vist i figur 5.1, hvor nedbørmålinger i Værløse og Hammerodde 19-23. februar 1996 er blevet korrigeret. I Værløse blev der målt 10.7mm samtidig med at  $\bar{V}$  var 2-4m/sek og  $\bar{T}$  var  $-3$  til  $-7^{\circ}\text{C}$ , men den korrigerede mængde var 32.0mm, hvilket i højere grad stemmer med både trafiksituationen og det snelag, forfatterne havde i deres baghaver. Ved Hammerodde faldt der 24.2mm, men her var det umuligt at korrigerer nedbøren, for  $\bar{V}$  var op til 17m/sek og lå udenfor snemodellens gyldighedsområde. Hvis man alligevel korrigerer, trods kraftige advarsler, bliver resultatet en korrigeret sum af uhyrlig størrelse. Problemet er, at i de 7 år, der blev foretaget målekampanjer i WMO projektet, var der for få målinger af snenedbør ved vindhastigheder over 10m/sek. Så der er i øjeblikket intet fingerpeg om, hvor stor vindeffekten er ved høje vindhastigheder.

Altså er modelarbejdet ikke slut, da der bør indsamles målinger ved langt højere vindhastigheder, så modellernes gyldighedsområde kan udvides. I modsat fald vil de korrigerede tidsserier af nedbørmålinger være mangelfulde.

### 5.2 Korrektion af en nedbør tidsserie Søndersø 1979-1995

Tabel 5.1 viser resultatet af korrektion af nedbør for perioden 1979-1995 ved nedbørstationen Søndersø, dels det samlede resultat for perioden og dels eksempler fra et snerigt og et snefattigt år. Den nærliggende synopstation i Værløse blev benyttet som basisstation. Der er korrigeret for læeffekt, da Søndersø er en såkaldt B station (se tabel 2.5) med et læindex på 9 til 14 i perioden. Endvidere er der korrigeret for wettingtab. Den korrigerede årsnedbør var 153mm eller 23.3% større end den ukorrigerede. Den væsentligste årsag var store korrektioner i en række kolde vintre med sne, især 1979, 1980, 1982, 1985, 1986 og 1987. F.eks. var korrektionerne meget store i januar-februar 1979, hvor 71-72% af nedbøren faldt som sne. De fiktive ændringer i nedbørklimaet i Danmark er derfor størst om vinteren med en forøgelse af nedbørmængden på knap 70% i februar, men kun med godt 10% mere nedbør i august ved Søndersø. Variationerne fra år til år er af samme grund størst i vintermånederne, men betydeligt mindre om sommeren. Kombinationen “sne, høj vindhastighed og lave temperaturer” betyder store korrektioner, mens stor regnintensitet og lav vindhastighed kun giver anledning til små korrektioner.

En effekt af at undlade at korrigerer den målte nedbør for vindeffekten er, at ændringer i temperaturklimaet vil medføre virtuelle ændringer i nedbørklimaet. Det skyldes, at hvis nedbøren falder ved højere temperaturer, vil en større del af den falde som regn. Dermed vil der også falde mere nedbør ned i måleren, fordi vindeffekten på regn er betydeligt mindre end på sne, og summa summarum: klimaet ser ud til at være blevet vådere, selvom det stik modsatte kan have været tilfældet.



Figur 5.1. Korrektion af nedbør ved Værløse og Hammerodde, 19-22. februar 1996.  $\bar{V}$  =middelvindhastighed under nedbør,  $\bar{T}$  =middeltemperatur under nedbør,  $P_m$ =målt nedbørsum,  $P_c$ =korrigeret nedbørsum. Tallene over søjlerne er nedbørsummen i mm.



År	data	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året	
1979	$P_m$	32.0	25.1	74.2	40.1	58.8	30.0	48.9	65.0	25.1	8.6	94.5	128.5	630.8	
	$P_{korr}$	61.3	57.3	128.1	48.9	68.9	34.1	57.7	72.1	29.7	10.1	112.3	190.6	871.1	
	$\Delta\%$	91.7	128.4	72.6	21.9	17.2	13.6	18.1	10.9	18.1	17.6	18.8	48.3	38.1	
	$N_{døgn}$	21	12	19	13	19	11	15	14	10	4	16	22	176	
	$K_{maks}$	3.520	6.701	5.413	1.427	1.435	1.074	1.193	1.097	1.220	1.153	1.345	7.473	.	
	$K_{min}$	1.203	1.069	1.048	1.030	1.031	1.009	1.032	1.010	1.025	1.089	1.059	1.034	.	
	$K_{midd}$	1.974	2.596	1.810	1.140	1.113	1.048	1.122	1.054	1.093	1.122	1.129	1.779	.	
	$K_{stdev}$	1.696	3.092	2.257	1.115	1.103	1.022	1.053	1.024	1.061	1.026	1.084	2.566	.	
	$T$	-2.1	-2.2	1.7	4.6	9.0	14.0	13.7	13.2	12.2	9.7	4.5	3.2	.	
	$v_g$	3.8	3.8	4.4	3.5	3.3	2.3	3.8	3.9	4.2	4.3	4.7	4.4	.	
	pcts	0.72	0.71	0.35	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.29	.	
	1990	$P_m$	46.5	34.6	38.5	45.5	50.0	51.3	44.6	38.9	116.7	75.5	56.9	34.5	633.5
		$P_{korr}$	55.0	41.7	49.5	52.4	55.6	57.1	49.8	44.3	127.7	83.6	67.6	43.7	727.9
$\Delta\%$		18.3	20.6	28.5	15.1	11.2	11.2	11.7	13.9	9.4	10.8	18.8	26.7	14.9	
$N_{døgn}$		18	12	14	11	11	15	10	12	18	13	16	16	166	
$K_{maks}$		1.268	1.338	1.372	1.720	1.342	1.241	1.154	1.315	1.139	1.276	1.423	1.477	.	
$K_{min}$		1.057	1.045	1.062	1.032	1.009	1.009	1.009	1.010	1.011	1.020	1.008	1.068	.	
$K_{midd}$		1.129	1.153	1.176	1.163	1.081	1.066	1.073	1.094	1.068	1.096	1.113	1.162	.	
$K_{stdev}$		0.054	0.086	0.090	0.202	0.094	0.061	0.047	0.083	0.039	0.076	0.103	0.101	.	
$T$		5.2	5.9	6.2	6.9	11.1	15.8	15.6	16.3	11.6	10.9	6.0	2.8	.	
$v_g$		4.4	5.5	5.6	4.3	2.3	1.8	3.5	2.7	3.4	4.3	2.7	3.7	.	
pcts		0.00	0.03	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.19	.	
Gns. 1979- 1995		$P_m$	53.3	33.4	44.4	38.8	40.7	68.2	57.1	66.7	73.6	57.6	60.7	66.6	659.1
		$P_{korr}$	78.0	56.3	61.6	48.3	46.4	75.3	63.6	73.7	82.6	65.0	74.1	89.9	812.4
	$\Delta\%$	46.3	68.8	39.0	24.6	14.0	10.5	11.4	10.5	12.3	12.9	22.0	35.1	23.3	

Tabel 5.1. Målt ( $P_m$ ) og korrigeret nedbørmængde ( $P_{korr}$ ), procentvis ændring ( $\Delta\%$ ), middel under nedbør af lufttemperatur ( $T$ ) og vindhastighed i nedbørmålerens højde ( $v_g$ ), maksimum ( $K_{maks}$ ), minimum ( $K_{min}$ ), middel ( $K_{midd}$ ) og standardafvigelse ( $K_{stdev}$ ) på korrektionsfaktoren, samt sneprocent (pcts) ved den manuelle nedbørstation Søndersø (nr 30240) for udvalgte år samt gennemsnit for perioden 1979-1995.

De virtuelle ændringer er blevet gennemregnet for Svalbard (Hanssen-Bauer, Førland og Nordli, 1996). De viste bl.a., at hvis man lod normaltemperaturen stige med hhv. 2, 4 og 6°C, ville der i 1994 være blevet målt hhv. 5.3%, 9.2% og 11.7% mere nedbør, men det er en rent virtuel ændring. Der blev målt 352.4mm det år, men den korrigerede årsnedbør var 562.2mm! Set i dette lys må al snak om variationer i nedbørmængden fra år til år her i Danmark forstumme, så længe vi blot ser på målt nedbør. De virkelige variationer bliver tilsløret af, hvor varmt eller koldt og blæsendet har været på det tidspunktet, nedbøren faldt.

## 6 Afrunding og fremtid

Der er udviklet en første version af et system, der kan korrigere nedbørmålinger i Danmark for nogle væsentlige fejlkilder; aerodynamisk effekt og wettingtab. Danmark er blevet inddelt i nogle regioner, og korrektionen af alle nedbørmålinger i hver region er baseret på meteorologiske målinger ved en centralt placeret basisstation, sædvanligvis en automatisk klimastation, og en synopstation.

Systemet er baseret på en række simplifikationer; (1) at landet er inddelt i arbitrære regioner, og (2) at målingerne af meteorologiske variable ved basisstationerne regnes for repræsentative for nedbørstationerne i disse regioner. Dette bidrager til usikkerheden på den korrigerede nedbør. Fordi datagrundlaget for beregningerne ændrer sig set over tid, kan der tillige være homogenitetsproblemer i korrigerede tidsserier af nedbørmålinger.

Forbedringer vil være koncentreret om datagrundlag og beregningsmetoder, og kan være:

- *Bedre fortolkning af vejrkode:* Med henblik på korrektion af gamle data er det vigtigt at udvikle bedre metoder til beregning af regnintensiteten ud fra vejrkode.
- *Benytte gridværdier af meteorologiske variable:* Meteorologiske variable estimeres ved nedbørstationerne ved spatial interpolation.
- *Benytte data fra konventionelle vejrradarer:* Ud fra radardata er det muligt at bestemme nedbørens varighed og dermed regnintensiteten ved nedbørstationerne. Det vil formentlig være bedre end at benytte intensiteten ved den nærmeste basisstation. Da radardata tillige kan give tidspunktet for nedbør, vil der kunne fås mere sikre estimater af middelværdi under nedbør af f.eks. vindhastighed og temperatur.
- *Benytte data fra Present Weather Sensorer (PWS):* Det er essentielt at kende nedbørstypen, da korrektionens størrelse afhænger markant heraf. PWS kan give nedbørstypen i fin tidsopløsning. Hvis den kan give nedbørstypen rimeligt sikkert, vil den være et væsentligt alternativ til traditionelle observationer af nedbørstypen ved synopstationer.
- *Benytte data fra Dual Polarization radarer:* Ud fra sådanne data skulle det være muligt at estimere nedbørstypen ved nedbørstationerne, men der endnu er en række uafklarede problemer med fejlkilder og kalibrering. Det er dog givet, at denne teknik har et stort potentiale.

De to første punkter handler primært om at forbedre korrektionen af gamle nedbørdata, mens de resterende punkter i sagens natur kun kan handle om fremtiden. De fejl på korrektionen, der i det nuværende system skyldes variationer i tid og rum af meteorologiske variable, vil blive reduceret i størrelse, når og såfremt disse variable bliver estimeret i vilkårlige punkter ved interpolation.

Den nuværende version af korrektionssystemet er ikke gjort operationel. Den er blot blevet benyttet til at lave en række forundersøgelser, der har resulteret i en række vigtige erfaringer, som vil blive benyttet i det videre udviklingsarbejde. Der arbejdes til stadighed på forbedringer for at bringe de forskellige usikkerhedskomponenter ned og få mere repræsentative estimater.

## Litteratur

Allerup, P., og H. Madsen (1979): Accuracy of point precipitation measurements. *Klimatologiske meddelelser no. 5*. København.

Allerup, P., og H. Madsen (1980): Accuracy of point precipitation measurements. *Nordic Hydrology*, 11, p. 57-70.

Allerup, P., og H. Madsen (1986): On the correction of liquid precipitation. *Nordic Hydrology*, 17, p. 237-250.

Allerup, P., H. Madsen og F. Vejen (1997): A Comprehensive Model for Correcting Point Precipitation. *Nordic Hydrology*, Vol. 28, p. 1-20.

Allerup, P., H. Madsen og F. Vejen (1998): Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Techn. Rep. No. 98-10, Copenhagen.

Aune, B., og Førland, E. J. (1985): Comparison of Nordic methods for point precipitation correction, ETH/IAHS/WMO Workshop on the correction of precipitation measurements, Zurich 1-3 April 1985. In: B. Sevruk (ed.) *Correction of precipitation measurements*, Züricher Geographische Schriften, Swiss Federal Institute of Technology, ETH, Zürich, pp. 239-244.

Dahlström, B. (1973): Investigation of errors in rainfall observations, Uppsala.

Folland, C. (1988): Numerical models of the raingauge exposure problem, field experiments and an improved collector design. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, Vol. 114, p. 1485-1516.

Frich, P., S. Rosenørn, H. Madsen, og J. J. Jensen (1997): Observed Precipitation in Denmark, 1961-90. Danish Meteorological Institute, Techn. Rep. No. 97-8, Copenhagen.

Green, M. J., og P. R. Helliwell (1972): The effect of wind on the rainfall catch. WMO/OMM No. 326 Vol. II.

Hamon, W. R. (1973) Computing actual precipitation, WMO/OMM No. 326, Geneva.

Hanssen-Bauer, I., E. J. Førland, og P. Ø. Nordli (1996): Measured and true precipitation at Svalbard. Det Norske Meteorologiske Institut, Report Nr. 31/96 Klima.

Häggmark (1995): (fra Førland et al., 1996: pers.comm. med Lars Häggmark, SMHI, Sverige).

Madsen, H. (1995): Correction of Solid Precipitation. Sixth International Meeting on Statistical Climatology. Galway, Ireland, 1995.

Førland, E. J., P. Allerup, B. Dahlström, E. Elomaa, T. Jónsson, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin, og F. Vejen (1996): Manual for Operational Correction of Nordic Precipitation Data, Nordic Working Group on Precipitation, Det Norske Meteorologiske Institut, Report Nr. 24/96.

Robinson, A. C. og Rodda, J. C. (1969): Rain, wind and the aerodynamic characteristics of raingauges. *Met. Mag.* Vol. 98.

Sevruk, B. (1981): Methodical investigation of systematic error of Hellmann rain gauges in the summer season in Switzerland (in German). *Trans. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, Mitt. No. 52*, 297 p., Zürich.

Sevruk, B. (1982): Methods of correction for systematic errors in point precipitation measurements for operational use. *WMO Hydrol. Rep. 21, WMO-No. 589*, 91 p.

Sevruk, B. (1988): Wind Speed Estimation at Precipitation Gauge Orifice Level. *WMO/TD-No. 222*.

Synop-koden. Meteorologisk Institut, 1969.

Synop-koden. Meteorologisk Institut, 1981.

Synop-koden. Meteorologisk Institut, 1986.

Tammelin, B. (1975): Testing some methods of snowfall measurements at Helsinki airport. *Vannet i Norden* 8:3, p. 3-11.

Vejen, F. (1994): Udvikling af model til korrektion af fast nedbør. Indledende databehandling. Danish Meteorological Institute, *Techn. Rep. No. 94-25*, Copenhagen.

WMO (1997): International Organization Committee for the WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison: Final Report. Draft aug. 1996, Toronto, Canada, (ed) Berry Goodison.

## Appendiks

### Sammenligning af gamle og nye koder for vejret (ww) og vejrets forløb (w1,w2)

I de følgende tabeller er vist, for hvilke kodetal, der var forskelle i betydningen mellem tidspunkterne 1969 og 1981, samt 1981 og 1986. De øvrige kodetal havde samme betydning de pågældende tidspunkter. I princippet kan der have været mindre ændringer i de mellemliggende perioder, da der jævnligt kommer rettelser til kodebøgerne. Hvis det har været tilfældet for koderne for vejret, er ændringerne blevet rettet tilbage til den oprindelige betydning inden udgivelsen af den næste kodebog. Mht. at omsætte koderne til nedbørart (sne, slud eller regn) samt tørvejr, betyder små ændringer i koderne intet, så længe den overordnede opdeling af koderne er blevet fastholdt. F.eks. at værdier af ww i intervallet 70-79 betyder sne, og 60-69 regn. Det antages derfor, at betydningen af de koder, der angiver nedbør, har været så tilpas uændret i perioden 1969 og frem til nu, at den samme fortolkning af vejrkoder med henblik på at bestemme nedbørens art kan benyttes i dette tidsrum. Til undersøgelsen er blevet benyttet udgivelser af Synop-koden (1969, 1981 og 1986).

Sammenligning af kodetal for vejret (ww) mellem 1969 og 1981		
ww	Betydning i 1969	Betydning i 1981
07	Støv eller sand hvirvlet op ved eller i nærheden af stationen i observationstiden, men uden veludviklede støv- el. sandhvirvler	Støv eller sand hvirvlet op ved eller i nærheden af stationen i observationstiden, men uden veludviklede støv- el. sandhvirvler, eller skumsprøjt
17		ww=17 har fortrinsret for kodetallene ww=20-49
40	Tåge indenfor synsvidde, men ikke på stationen i sidste time. Tågens højde over 2 m. Sigtbarhed over 1 km	Tåge indenfor synsvidde, men ikke på stationen i sidste time. Tågens højde over 2 m. Sigtbarhed 1 km eller derover
77	kornsne (kun ved temperaturer nær frysepunktet)	kornsne (kun ved temperaturer nær frysepunktet) (frosne finregndråber)
Generelt	Passer mere end eet af kodetallene for ww, anvendes det højeste. Såfremt der er forekommet byge eller tordenvejr ledsaget af hagl i den time, der ligger umiddelbart forud for observationstiden, og dette ikke fremgår af www, tilføjes ordet HAIL i slutningen af meldingen	Passer mere end eet af kodetallene for ww, anvendes det højeste (se dog særlige regler for ww=17)

Sammenligning af kodetal for vejrets forløb mellem 1969 (W) og 1981 (W <sub>1</sub> /W <sub>2</sub> )		
kodetal	Betydning i 1969	Betydning i 1981
5	finregn (underkølet finregn)	Finregn, herunder underkølet finregn
6	regn (underkølet regn, regn og finregn)	Regn, herunder underkølet regn, samt regn og finregn samtidigt
7	Sne eller slud (isnåle, kornsne, enkelte snestjerner og iskorn)	Sne slud, isnåle, kornsne, enkelte snestjerner og iskorn
Generelt	<p>I SYNOP-koden meldes under W vejrets forløb siden sidste hovedobservation således at perioden for W omfatter:</p> <p>6 timer for observationerne 0000, 0600, 1200, 1800 GMT. 3 timer for observationerne 0300, 0900, 1500, 2100 GMT.</p> <p>Kodetallene for W og ww skal tilsammen give den bedst mulige beskrivelse af vejrets udvikling. Muliggør vejrets forløb anvendelse af mere end eet kodetal for W, skal man normalt anvende det højeste, men hvis dette kodetal refererer til de vejrforhold, som beskrives ved ww, skal man anvende det næsthøjeste.</p> <p>Bemærk: Kodetal 4 må kun anvendes, såfremt sigtbarheden har været mindre end 1 km.</p> <p>Såfremt der er forekommet sandstorm ved temperaturer under 0°C tilføjes ordet SANDSTORM i slutningen af meldingen.</p> <p>Såfremt der er forekommet sludbyge eller snebyge ved temperaturer over 0°Cm tilføjes ordet SLEET eller SNOW i slutningen af meldingen.</p> <p>Såfremt der er forekommet byge eller tordenvejr ledsaget af hagl, tilføjes ordene PAST HAIL i slutningen af meldingen.</p>	<p>I SYNOP-koden meldes under W<sub>1</sub> og W<sub>2</sub> vejrets forløb siden sidste hovedobservation således, at perioden for W<sub>1</sub> og W<sub>2</sub> omfatter:</p> <p>6 timer for observationerne 0000, 0600, 1200, 1800 GMT. 3 timer for observationerne 0300, 0900, 1500, 2100 GMT.</p> <p>Kodetallene for W<sub>1</sub> og W<sub>2</sub> og ww skal tilsammen give den bedst mulige beskrivelse af vejrets udvikling.</p> <p>Muliggør vejrets forløb anvendelse af flere kodetal, anvendes det højeste kodetal for W<sub>1</sub>, og næsthøjeste for W<sub>2</sub>.</p> <p>Eksempler: Såfremt der i hele perioden for vejrets forløb har været overskyet og der nu forekommer regn, meldes W<sub>1</sub>=6 og W<sub>2</sub>=2</p>

Sammenligning af kodetal for vejret (ww) mellem 1981 og 1986		
ww	Betydning i 1981	Betydning i 1986
04	Sigtbarheden nedsat af røg	Sigtbarheden nedsat af røg (f.eks. mark- el. skovbrand, røg fra industriområder) el. vulkansk aske
07	Støv eller sand hvirvlet op ved eller i nærheden af stationen i observationstiden, men uden veludviklede støv- el. sandhvirvler, eller skumsprøjt	Støv eller sand hvirvlet op ved eller i nærheden af stationen i observationstiden, men uden veludviklede støv- el. sandhvirvler. Ved skibsstationer: skumsprøjt
10	tågedis (sigtbarehed 1-10 km)	Kodetal for VV 10-59 (94-96)
14	Når ikke jordoverfladen (faldstriber)	Når ikke hav- el. jordoverfladen (faldstriber)
15	Når jordoverfladen mindst 5 km borte	Når hav- el. jordoverfladen mindst 5 km borte
16	Når jordoverfladen mindre end 5 km fra, men ikke ved selve stationen	Når hav- el. jordoverfladen mindre end 5 km fra, men ikke ved selve stationen
22	Efter sne, isnåle eller enkelte sne-stjerner	Efter sne
41	Tåge i banker	Tåge i banker. Tågens højde over 2 m
Bemærkninger til kodetal 40-49	Bemærk: Sigtbareheden skal være 1 km eller derover, for at kodetal ww=40 må anvendes. Sigtbareheden skal være mindre end 1 km, for at kodetallene ww=41-49 må anvendes	Bemærk: Sigtbareheden skal være 1 km eller derover, for at kodetal ww=40 må anvendes. Sigtbareheden skal være mindre end 1 km, for at kodetallene ww=42-49 må anvendes
77	Kornsne (kun ved temperatur nær frysepunktet) (frosne finregndråber)	Kornsne (frosne finregndråber)

Sammenligning af kodetal for vejrets forløb mellem 1981 og 1986 ( $W_1/W_2$ )		
kodetal	Betydning i 1981	Betydning i 1986
0	Skyfrit til letskyet (skymængden 4/8 eller derunder)	Den totale skymængde 4/8 eller mindre i hele den pågældende periode
1	Vekslede skydække (skymængden tidvis mindre end og tidvis mere end 4/8)	Den totale skymængde tidvis 5/8 eller mere og tidvis 4/8 eller mindre i den pågældende periode
2	Skyet til overskyet (skymængden 5/8 eller mere)	Den totale skymængde 5/8 eller mere i hele den pågældende periode
4	Tåge (sigtbarhed mindre end 1 km)	Tåge eller meget tæt tordis
7	Sne, slud, isnåle, kornsne, enkelte snestjerner og iskorn	Sne, slud, kornsne og iskorn
Generelt	<p>I SYNOP-koden meldes under <math>W_1</math> og <math>W_2</math> vejrets forløb siden sidste hovedobservation således, at perioden for <math>W_1</math> og <math>W_2</math> omfatter:</p> <p>6 timer for observationerne 0000, 0600, 1200, 1800 GMT. 3 timer for observationerne 0300, 0900, 1500, 2100 GMT.</p> <p>Kodetallene for <math>W_1</math> og <math>W_2</math> og <math>ww</math> skal tilsammen give den bedst mulige beskrivelse af vejrets udvikling.</p> <p>Muliggør vejrets forløb anvendelse af flere kodetal, anvendes det højeste kodetal for <math>W_1</math>, og næsthøjeste for <math>W_2</math>.</p> <p>Eksempler: Såfremt der i hele perioden for vejrets forløb har været overskyet og der nu forekommer regn, meldes <math>W_1=6</math> og <math>W_2=2</math></p>	<p>Den periode <math>W_1</math> og <math>W_2</math> dækker, skal være</p> <p>6 timer for observationerne 0000, 0600, 1200, 1800 GMT. 3 timer for observationerne 0300, 0900, 1500, 2100 GMT.</p> <p>Kodetallene for <math>W_1</math> og <math>W_2</math> skal udvælges på en sådan måde, at <math>W_1W_2</math> og <math>ww</math> tilsammen giver en så fuldstændig beskrivelse af vejret i det pågældende tidsinterval som muligt. Hvis for eksempel vejrtypen undergår en fuldstændig ændring i løbet af det pågældende tids-interval, skal de kodetal, der udvælges for <math>W_1</math> og <math>W_2</math> beskrive det vejr, som forekom før den vejrtype, der er angivet under <math>ww</math>, begyndte.</p> <p>Hvis mere end ét kodetal kan angives for <math>W_1</math>, skal det højeste kodetal angives for <math>W_1</math> og det næsthøjeste skal angives for <math>W_2</math>.</p>