



DMI

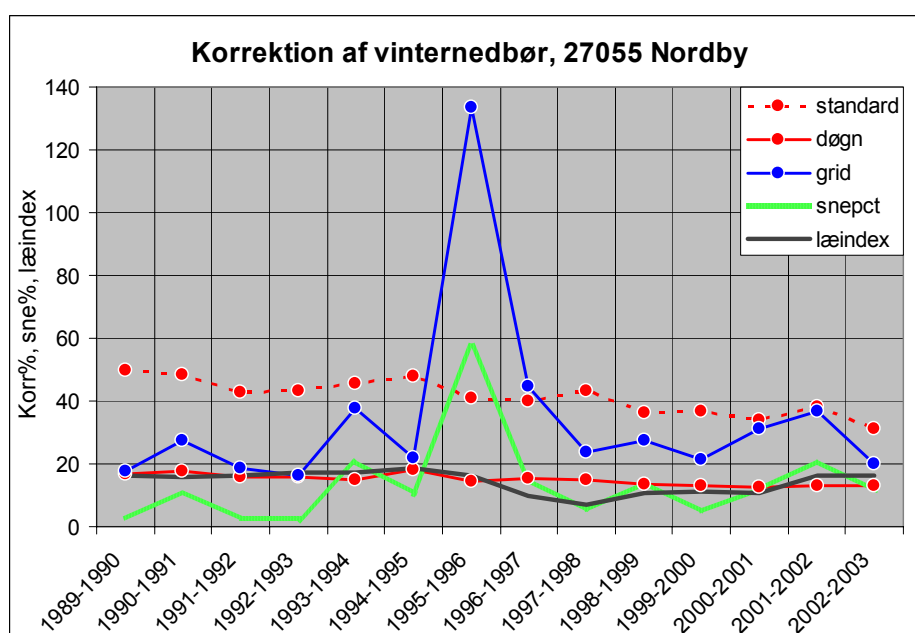
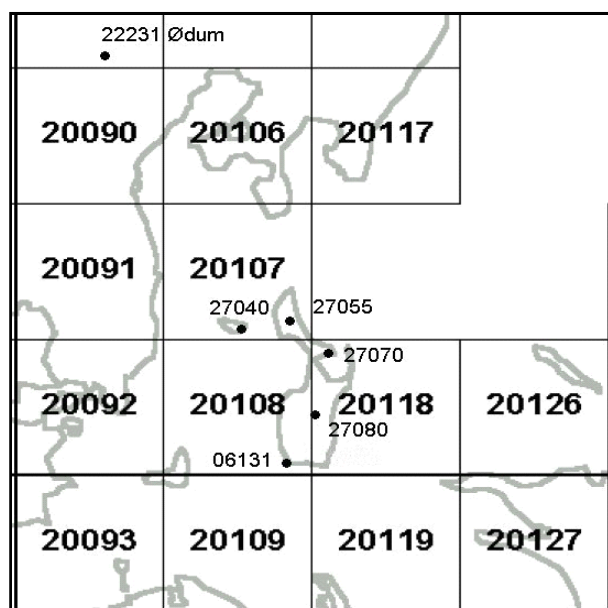
Transport- og Energiministeriet

Teknisk rapport 05-16

Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003

Flemming Vejen

November 2005



Kolofon

Serietitel:

Teknisk rapport 05-16

Titel:

Pilotprojekt: Beregning af dynamisk korrektion af nedbør på Samsø, 1989-2003

Forfatter:

Flemming Vejen

Ansvarlig institution:

Danmarks Meteorologiske Institut

Sprog:

Dansk

Url:

www.dmi.dk/dmi/tr05-16

ISSN:

1399-1388

Link til hjemmeside:

www.dmi.dk

Forsideillustration:

Der er vist position af meteorologiske målestationer på Samsø i perioden 1989-2003 og en automatisk klimastation 22231 Ødum, hvorfra der er beregnet månedlige korrektionsværdier i perioden 1989-2002. Desuden er vist gridceller omkring Samsø (udsnit fra kortmateriale i Scharling, 1999).

Desuden er vist værdier for vinternedbør (november-marts) 1989/90-2002/03 af korrektionsprocent, sneprocent og middellændeindeks for 27040 Tunø og 27055 Nordby. Der er vist resultater for måneds- (std), døgn- (døgn) og griddynamisk metode (grid). Sne% angiver, hvor stor en del af vinternedbøren, der er faldet som sne.

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	1
1.1	Afgrænsning af beregningsperiode	1
2.	Den generelle korrektionsmodel	3
2.1	Korrektion for wetting og fordampningstab	4
3.	Tilpasning af beregninger til aktuelle datagrundlag	7
3.1	Datagrundlag	7
3.2	Tilpasning af metodik	8
3.2.1	Justering af vindhastighed V	9
3.2.2	Bestemmelse af regnintensitet I	11
3.2.3	Beregning af snefraktion α	11
4.	Resultater	13
4.1	Korrektionsresultater på måneds- og årsbasis	13
4.1.1	Sammenligning med hidtidige beregninger for Samsø på årsbasis	13
4.1.2	Særlig fokus på månedsværdier og vinternedbør	18
4.1.3	Næranalyse af forskelle mellem døgnjusteret og griddynamisk korrektion	24
4.1.4	Sammenligning med lysimetermålinger på Tunø	29
4.1.5	Sammenligning med standardværdier med fokus på lokale klimaforhold	31
4.1.6	Analyse i forhold til dynamisk korrektion fra NOVA projektet	33
4.1.6.1	Årlig og månedlig korrektionsfaktor 1990-2001	33
4.1.6.2	Diskussion af regionale forskelles effekt på korrektionsniveau	39
4.2	Diskussion	41
5.	Potentielle metoder til forbedret beregning af korrektion	43
5.1	Problemer forbundet med dynamisk korrektion	43
5.2	Problemer forbundet med standardværdier	44
5.3	Potentielle forbedringer af korrektionsmetodik	44
5.3.1	Forbedring af standardværdier	45
5.3.2	Forbedring af korrektionsmodel for fast nedbør	45
5.3.3	Muligheder for udvikling af dynamisk korrektion	45
5.3.4	Korrektion af historiske data	47
6.	Konklusion	51
6.1	Resultater	51
6.2	Anbefalinger med henblik på forbedrede korrektionsberegninger	52
7.	Litteratur	55

1. Indledning

På foranledning af Århus Amt er der gennemført en undersøgelse af aktuelle problemstillinger i tilknytning til et igangværende arbejde med at beregne og analysere vandbalanceforhold på Samsø.

Målsætningen for projektet er at beregne og analysere dynamiske korrektionsværdier for Samsø til erstatning for de standardværdier, der i øjeblikket benyttes til korrektion af nedbørmålinger.

Ud fra beregningsmetodik og erfaringer opnået ved løsning af opgaven skal der ses på mulighederne for at igangsætte en mere dybtgående undersøgelse med henblik på at udvikle en enkel metode til dynamisk korrektion af nedbørmålinger på døgnbasis.

Kravene til en korrektionsmetodik bør fokusere på, at der udarbejdes korrektionsværdier på døgnbasis for den enkelte station med behørig skelen til aktuelle vind-, temperatur- og nedbørforhold. Derved vil der blive korrigeret for de lokale vejrforhold de enkelte år, hvilket ikke er muligt ved anvendelse af standard korrektionsværdier.

Klimatiske forskelle mellem lokaliteter vil blive afspejlet ved brug af dynamisk korrektion, og dette i langt højere grad end det hidtil har været muligt, forudsat et korrektionssystem i videst muligt omfang justerer ind efter lokale vejrforhold.

Rapporten er udarbejdet i tæt dialog med Richard Thomsen, Århus Amt, hvilket har medvirket til bedre at kunne målrette beregninger og overvejelser mod konkrete behov. Det har været til stor gavn at kunne anvende resultater fra rapporter og notater fra Rambøll vedr. nedbør på Samsø (Rambøll, 2005, Thomsen og Bitsch, 2004), ligesom dialog med Kristian Bitsch, Rambøll, har været en stor hjælp undervejs med analyserne.

1.1 Afgrænsning af beregningsperiode

I notatet "Forslag til justering af standardværdierne for nedbørkorrektion" (Thomsen og Bitsch, 2004) er der lavet vurderinger af vandbalance og korrektionsforhold for perioden 1989 til 2003. Rammerne for pilotprojektet er derfor at beregne korrektionsværdier for dette tidsrum, så resultaterne kan sammenlignes med notatets beregninger.



2. Den generelle korrektionsmodel

Til beregning af dynamiske korrektionsværdier er anvendt den generelle korrektionsmodel (Allerup, Madsen og Vejen, 1997), der er sammensat af to dele: et led, der tager sig af regn, og et led der tager sig af sne. Modellen kræver input af følgende meteorologiske parametre:

- Middelværdi under nedbør af vindhastighed V (m/sek) i nedbørmålerens højde.
- Middelværdi under nedbør af lufttemperatur T ($^{\circ}\text{C}$) i nedbørmålerens højde.
- Gennemsnitlige regnintensitet, I (mm/time),
- Oplysninger om nedbørart, så der kan beregnes indeks α for andelen af fast nedbør.

Der er kun brug for T , hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som sne eller slud, mens I kun skal bruges, hvis nedbøren helt eller delvis er faldet som regn.

Modellen forudsiger korrektionsfaktoren $k_{\alpha} = P_c/P_m$, som er raten af sand nedbør P_c i forhold til målt nedbør P_m over et vilkårligt relativt kort tidsrum, der ikke bør overstige et døgn. Korrektionsfaktoren $k(\alpha)$ er:

$$k_{\alpha} = \alpha \cdot e^{\beta_0 + \beta_1 V + \beta_2 T + \beta_3 V \cdot T} + (1 - \alpha) \cdot e^{\gamma_0 + \gamma_1 V + \gamma_2 \ln I + \gamma_3 V \cdot \ln I} = \alpha \cdot k_s(V, T) + (1 - \alpha) \cdot k_r(V, I)$$

k_s = korrektionsfaktor for nedbør faldet som sne.

k_r = korrektionsfaktor for nedbør faldet som regn.

β = empiriske konstanter for snedelen (tabel 2.1).

γ = empiriske konstanter for regndelen (tabel 2.1).

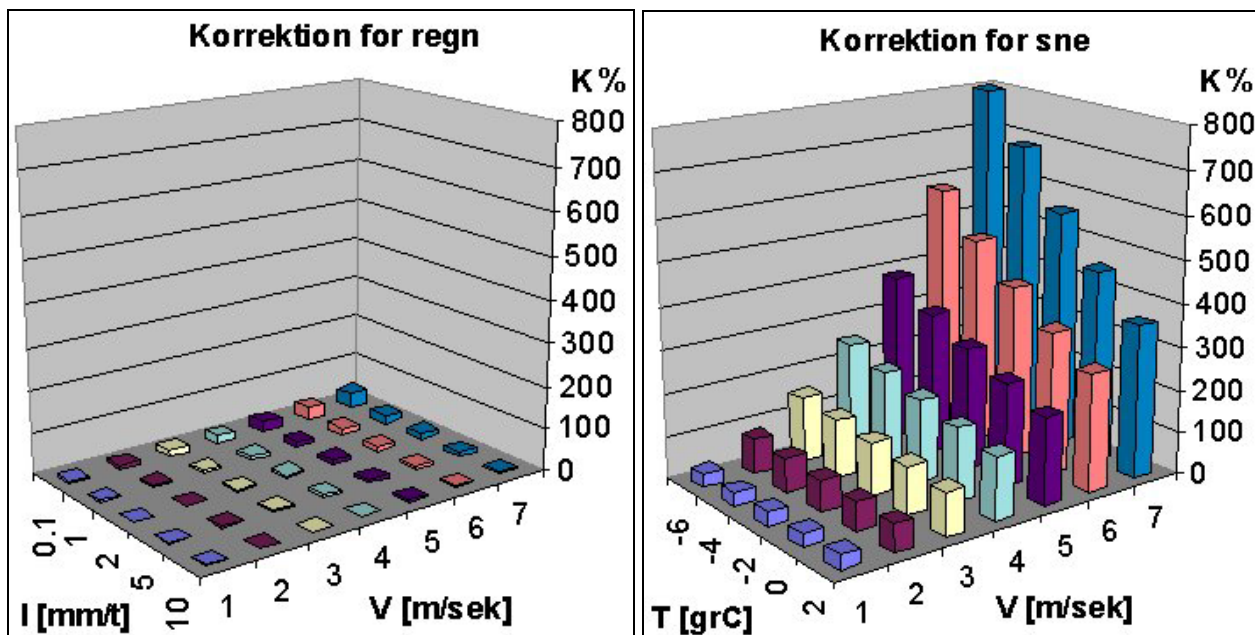
Type	intercept	vind	temp/intensitet	produkt
fast nedbør	β_0 0.04587	β_1 0.23677	β_2 0.017979	β_3 -0.015407
regn	γ_0 0.007697	γ_1 0.034331	γ_2 -0.00101	γ_3 -0.012177

Tabel 2.1. Koefficienter i korrektionsmodellen for fast (Allerup, Madsen og Vejen, 1997) og flydende nedbør (Allerup og Madsen, 1980) gældende for den danske Hellmann-måler uden skærm.

Konstanterne i modellen er blevet udledt ved statistiske analyser af empiriske data, hvilket gør, at modellen er mest sikker ved de hyppigste V, T værdier i datamaterialet og mindst ude i kanterne. Konstanterne gælder for den danske Hellmann måler uden skærm. Meget høje værdier af V og I samt meget lave værdier af T har været stærkt underrepræsenterede i data, og det er følgelig kun muligt at benytte modellen indenfor disse intervaller:

- Vindhastighed: $1 \leq V \leq 7$ m/sek for fast nedbør, $0 \leq V \leq 15$ m/sek for flydende nedbør.
- Temperatur : $T \geq -12^{\circ}\text{C}$.
- Regnintensitet: $0 \leq I \leq 15$ mm/time.

Figur 2.1 viser korrektionsniveauet for sne og regn som funktion af vindhastighed, temperatur og regnintensitet. Niveauet er mange gange større for sne i forhold til regn, og det er indlysende afgørende at tage optimalt hånd om dette faktum i praktisk korrektionsmetodik.



Figur 2.1. Gælder for danske Hellmann måler uden skærm

Estimationsteknikken bag modellen betyder, at korrektionsfaktoren k ved “uheldige” kombinationer af V og T for delmodellen for sne bliver estimeret en anelse mindre end 1.00. Dette sker ved lave værdier af V og T , dog kun hvis $V < 0.4$ m/sek. Da vindeffekten ved så lave vindhastigheder stort set er fraværende, sættes $k_s = 1.00$ hvis k_s estimeres til < 1 i beregningerne.

Mængden af sne og regn bliver af gode grunde ikke målt operationelt. Nøje analyser af data indsamlet i Finland i et internationalt forskningsprojekt (WMO, 1998) har vist, at varigheden af snedebør giver en meget god tilnærmelse til snemængden (Vejen, 1994, Allerup, Madsen og Vejen, 1997). Varigheden af snedebør kan i praksis fås vha. observationer af nedbørart og lufttemperatur (Vejen, Allerup og Madsen, 1998).

2.1 Korrektion for wetting og fordampningstab

Mens fordampningen fra en Hellmann måler er ubetydelig og er negligeret, er der taget højde for wettingtabet i beregningerne.

Modellen for flydende nedbør blev udledt på basis af nedbørmålinger, som var influeret af wetting. For fast nedbør blev modellen 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 P_c for $\alpha = 0.0$ bliver da:

$$P_c = k_r \cdot P_m + w_r$$

hvor P_m er den målte nedbørmængde og w_r er wettingmængden for regn. For fast nedbør ved $\alpha = 1.0$ indgår wettingtabet w_s derimod ikke i det empiriske udtryk, så wettingtabet skal også korrigeres:

$$P_c = k_s \cdot (P_m + w_s)$$

For blandet nedbør ved $0 < \alpha < 1$ fås den korrigerede nedbør af:

$$P_c = (1 - \alpha)(k_r P_m + w_r) + \alpha k_s (P_m + w_s)$$

Størrelsen af wettingtabet (tabel 2.2) for den danske Hellmann måler er givet som standardværdier i mm pr. nedbørdøgn for hver måned for hhv. sne, blandet nedbør og regn (Allerup og Madsen, 1979, 1980, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.). De forholdsvis store wettingtab om vinteren skyldes, at nedbørmåleren er forsynet med et snekors 1.november til 30.april, hvilket forøger målerens indre overflade. Formålet med snekorset er at mindske risikoen for, at snenedbør blæser ud af måleren.

wettingtab	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
flydende nedbør	<i>0.16</i>	<i>0.18</i>	<i>0.25</i>	<i>0.33</i>	0.23	0.25	0.25	0.23	0.20	0.16	<i>0.22</i>	<i>0.17</i>
blandet nedbør	<i>0.17</i>	<i>0.19</i>	<i>0.27</i>	<i>0.35</i>	0.24					0.17	<i>0.23</i>	<i>0.18</i>
fast nedbør	<i>0.12</i>	<i>0.14</i>	<i>0.19</i>	<i>0.25</i>	0.17					0.12	<i>0.17</i>	<i>0.13</i>

Tabel 2.2. Wettingtab i mm pr. nedbørdøgn for en Hellmann måler (Allerup og Madsen, 1979, 1980, Elomaa, FMI (Finnish Meteorological Institute), pers. komm.). Med kursiv er markeret, i hvilke måneder måleren er forsynet med et snekors.



3. Tilpasning af beregninger til aktuelle datagrundlag

3.1 Datagrundlag

Vurderingerne af korrektionsberegninger i Thomsen og Bitsch (2004) er baseret på korrektion af nedbørmålinger ved 27040 Tunø og 27055 Nordby, dels ved brug af månedlige standardværdier (1961-90) for nedbørkorrektioner (Allerup, Madsen og Vejen, 1998) og dels ved anvendelse af en tilpasset døgnkorrektion.

Korrektionsmodellen kræver målinger af vindhastighed og temperatur *under nedbør*, samt oplysninger om regnintensitet og mængde nedbør faldet som sne. For perioden 1989-2003 er der ingen sådanne detaljerede målinger på Samsø af samtlige parametre (tabel 3.1): der mangler en komplet sammenhængende serie med detaljerede målinger af V, T, I og vejrtype i en tidsopløsning, der er tilstrækkelig til at bestemme værdier under nedbør, eller døgn gennemsnit som det næstbedste. Stationernes beliggenhed ses på figur 2.1.

I nærværende rapport er det derfor målet at korrigere nedbørdataserier for Tunø og Nordby på døgnbasis ved brug af døgnværdier af de meteorologiske parametre, korrektionsmodellen kræver som input, og derefter sammenligne resultatet med korrektionerne fra Thomsen og Bitsch (2004).

Station	Overordnede metadata vedr. observationer
06131 Vesborg Fyr	Registrerer vindhastighed og vejrtype, men stationen lukkes 30/6-1992
27040 Tunø	Nedbørdata fra det meste af perioden, enkelte databrud
27055 Nordby	Stationen oprettes 2/3-1998
27070 Langør/Kanhave	Nedbørdata fra det meste af perioden, enkelte databrud
27080 Tranebjerg	Manuel klimastation, måler vindhastighed, temperatur og vejrtype kl. 8, 14 og 21, og daglig nedbørmængde frem til 1/2-2000. Fortsætter som manuel nedbørstation samt automatisk klimastation, der måler temperatur hver time.

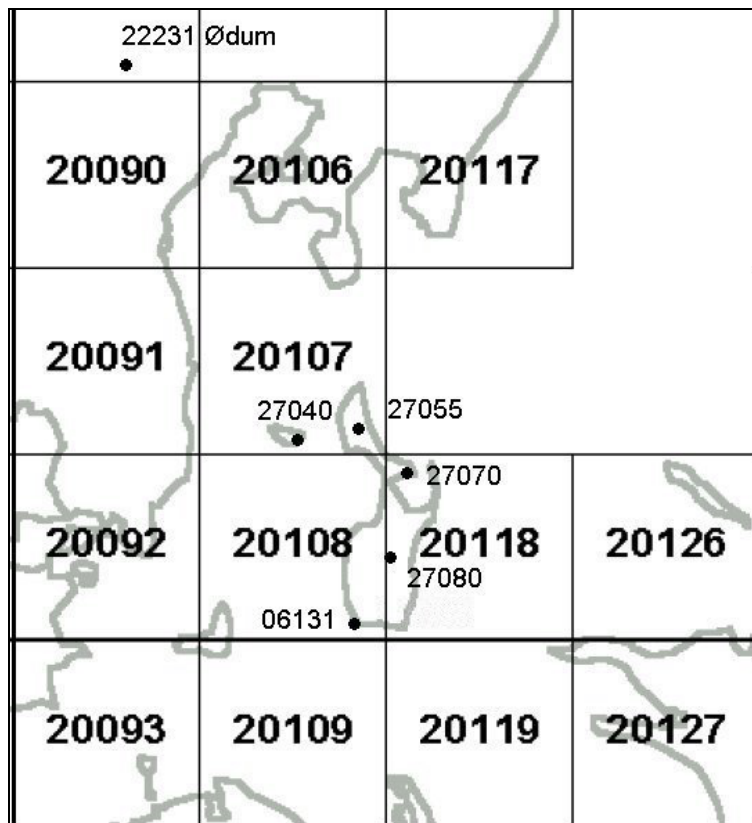
Tabel 3.1. Måling af meteorologiske parametre på Samsø i perioden 1989-2003.

For perioden 1989 til i dag er der for række meteorologiske parametre beregnet daglige 20×20 km² gridværdier ved interpolation af meteorologiske observationer fra en lang række vejrstationer (Scharling, 1999). For vindhastighed V går beregningerne dog kun tilbage til 2/1-1990.

Dette datasæt giver mulighed for korrigere nedbørmålinger ved at anvende værdier af V og T, som er mere repræsentative for klimaforholdene på Samsø end de hidtil benyttede månedlige korrektionsfaktorer fra 22231 Ødum, som er en indlandsstation. Analysen af nedbørforholdene på Samsø 1989-2003 er således foretaget på grundlag af følgende meteorologiske data:

- 2/7-1989 til 1/1-1990: V beregnet som døgn gennemsnit for 27080 Tranebjerg.
- 2/1-1990 til 1/7-2003: V givet ved 20×20 km² gridværdier.
- 2/7-1989 til 1/7-2003: T givet ved 20×20 km² gridværdier.

Der er analyseret nedbørdataserier fra 27040 Tunø og 27055 Nordby. Disse serier er dog ikke komplette henover perioden, og det har været nødvendigt at udfylde databrud med observationer fra nabostationer: Tunø serien er kompletteret med data fra 27055 Nordby og 27070 Langør/Kanhave, mens Nordby serien frem til 27/2-1998 består af data fra 27070 Langør/Kanhave, og derefter hovedsagelig af data fra 27055 Nordby.



Figur 2.1. Positioner for meteorologiske målestationer på Samsø i perioden 1989-2003 samt den automatiske klimastation 22231 Ødum, hvor der er beregnet månedlige korrektionsværdier i perioden 1989-2002. Desuden er vist gridceller omkring Samsø (udsnit fra kortmateriale i Scharling, 1999).

Til korrektion af 27040 Tunø serien er der benyttet griddata fra gridcelle nr. 20107, og til korrektion af 27055 Nordby er der benyttet data fra gridcelle 20118. I perioder med komplettering af data fra nabostationer er der benyttet griddata for den celle, erstatningsstationen er placeret i.

3.2 Tilpasning af metodik

Det ideelle er, at V , T , I og α fremkommer på basis af målinger ved selve nedbørstationen, men som nævnt mangler der i perioden 1989-2003 sammenhængende målinger på Samsø af disse parametre. Der kan opregnes flg. scenarier til beregning af korrektionsfaktorer:

1. De meteorologiske parametre beregnes ud fra målinger ved *selve* nedbørmåleren.
2. Den lokale korrektion beregnes ved interpolation af korrektionsfaktorer fra nabostationer.
3. Korrektionen beregnes ud fra interpolerede værdier af meteorologiske parametre.
 - a. Middelværdier for V og T beregnes *under nedbør* vha. lokale nedbørtidspunkt, der er bestemt enten ved interpolation af vejrtypedata eller vha. vejrradardata.
 - b. Regnintensitet måles lokalt, fås ved interpolation af naboværdier, eller bestemmes ved kombination af vejrradardata og nedbørmålinger.
4. Bestemmelse af parametre *på døgnbasis*, fordi oplysninger om lokale nedbørtidspunkt mangler.
 - a. Middelværdier for V og T beregnes som døgn gennemsnit ved interpolation.
 - b. Regnintensitet fås som årstidsafhængig klimatologisk værdi.

Af disse muligheder er kun alternativ 4 mulig på det foreliggende datagrundlag:

- V og T fås som $20 \times 20 \text{ km}^2$ gridværdier.
- I fås som klimatologisk værdi.
- α bestemmes ud fra gridværdier af T.

Metoden vil i nærværende skrift blive benævnt som *griddynamisk korrektionsmetode*.

3.2.1 Justering af vindhastighed V

Vindhastigheden er justeret ned til 1.5 m niveau og korrigeret for lokale læforhold ved de manuelle nedbørstationer.

Vindhastighed måles sædvanligvis efter WMO standard, dvs. i 10 meters højde, og den gridberegnete vindhastighed repræsenterer denne højde. Vindhastigheden er justeret ned til 1.5 m højde, hvilket er foretaget ved brug af det logaritmiske vindprofil:

$$\bar{V}(z) = K \cdot \ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right)$$

hvor $\bar{V}(z)$ er middelvindhastigheden i højden z , K er en konstant, d er en nulplaforskydning, og z_0 er den såkaldte ruhedsp parameter, hvis størrelse afhænger af overfladens ruhed, og som er den højde, hvor middelvindhastigheden er nul.

Hvis overfladen har en karakter, så den virker reducerende på vindhastigheden, f.eks. i tilfælde af vegetation, er det nødvendigt at forskyde referenceniveauet, som normalt er jordoverfladen, op efter med forskydningen d . Ruhedsp parameteren z_0 afhænger af overfladens ruhed, som for en meget glat overflade som is o.lign. er 0.001 cm, for 1 cm højt græs er den 0.1 cm og for tæt græs på 10 cm er den 2.3 cm (Høgh-Schmidt, 1983).

Desuden skal vindhastigheden justeres ind efter de lokale læforhold, hvilket gøres vha. oplysninger om læforhold ved for nedbørstationen, sædvanligvis i form af et læindeks (tabel 3.2). Læforholdene er opdelt i lækategorierne A, B, C og D (tabel 3.2 og 3.3).

Hvis der ligger sne, er nedbørmålerens reelle højde over jordoverfladen mindre end 1.5 m, så der burde ved justering af vindhastigheden egentlig også tages hensyn til snedybden, men dette har kun sjældent praktisk betydning og er udeladt.

Vindhastigheden er korrigeret for læforholdene omkring nedbørmåleren. Vindhastighed V reduceres med en lækorrektionsfaktor λ , der udtrykker, hvor godt en nedbørmåler står i læ og i hvilken grad vindhastigheden omkring måleren bliver reduceret. Empiriske studier i Rusland og Schweiz (Sevruk, 1988) har vist, at λ kan beskrives ved:

$$\lambda = 1 - c \cdot \eta$$

hvor η er højdevinklen for lægiveren målt i grader, og c er en konstant. Højdevinklen er vinklen mellem horisontalplanen og sigtelinien mellem nedbørmålerens øverste kant i 1.5 m højde og overkanten af lægiveren, der kan være træer, bygninger o.lign.

Station	Startdato	Slutdato	Læindeks	Lækat.	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE
27040	23-07-1987	01-11-1993	24	A	22	8	18	28	30	31	25	55
27040	02-11-1993	03-11-1993	40	A	50	18	25	44	60	67	50	55
27040	04-11-1993	22-09-1998	20	A	12	12	30	25	28	40	20	21
27040	23-09-1998	01-05-2003	22	A	15	16	27	42	45	25	15	20
27040	02-05-2003	01-08-2003	36	A	48	50	30	30	35	33	19	19
27055	02-03-1998	17-07-2000	11	B	5	20	15	19	5	5	6	5
27055	18-07-2000	01-11-2001	11	B	6	20	13	19	5	7	3	5
27055	02-11-2001	01-04-2003	19	B	12	32	15	12	26	10	7	26
27055	24-07-2003		12	B	10	9	9	21	30	21	20	6
27070	01-06-1977	04-09-1989	17	B	20	20	15	15	21	25	10	12
27070	05-09-1989	31-05-1992	16	B	22	20	11	14	20	22	10	10
27070	01-06-1992	25-09-1994	17	B	22	19	15	15	20	23	15	10
27070	26-09-1994	29-02-1996	19	B	23	19	17	23	20	25	18	14
27070	01-03-1996	01-03-1997	11	B	3	8	19	25	15	26	14	1
27070	02-05-1997	17-07-2000	5	C	3	3	3	3	11	8	9	6
27070	18-07-2000	31-10-2001	6	B	5	4	5	20	8	7	5	5
27070	01-11-2001	22-07-2003	8	B	5	8	8	4	18	12	11	8

Tabel 3.2. Læindeks, lækategori og højdevinkler ved stationerne 20040 Tunø, 20055 Nordby og 20070 Langør/Kanhave.

Læklasse	Benævnelse	Højdevinkel η
A	Velbeskyttet	$19^\circ < \eta \leq 30^\circ$
B	Moderat beskyttet	$5^\circ < \eta \leq 19^\circ$
C	Ubeskyttet	$0^\circ < \eta \leq 5^\circ$
D	overbeskyttet	$\eta > 30^\circ$

Tabel 3.3. definition af læklasser A, B, C og D.

Da højdevinklen har forskellige værdier rundt om nedbørmåleren, fås et mere repræsentativt mål for læforholdene ved at bestemme en vægtet middelhøjdevinkel η :

$$\eta = \sum_{i=1}^J \eta_i p_i$$

hvor η_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 og fremgår af tabel 3.4.

En lægiver står for tæt på nedbørmåleren, når middelhøjdevinklen er over 30° . Noget af nedbøren vil da blive fanget af lægiveren ved interception i stedet for at nå frem til nedbørmåleren (Førland et al., 1996). Interceptionen begynder dog først for alvor at betyde noget ved vinkler η_i over $40-45^\circ$.

Vindretning	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
p_i	0.055	0.057	0.087	0.140	0.201	0.231	0.169	0.060

Tabel 3.4. Værdier af vægtningskoefficient p_i fundet ved analyser af vind- og nedbørobservationer 1963-1973 (Allerup og Madsen, 1979).

I perioder med komplettering af data fra nabostationer er læindeks fra nabostationen anvendt i beregningerne. Dette er begrundet i følgende tankerække: komplettering er kun tilladt, hvis der gælder, at nedbørmængden *inden* vindpåvirkning er konstant i hele regionen. Dette må antages, selvom der er naturlige regionale variationer i nedbørforholdene. Da målet med korrektionen er at regne tilbage til den ”upåvirkede” nedbørmængde, er det nødvendigt at korrigere for forskellene i læforhold mellem stationerne.

3.2.2 Bestemmelse af regnintensitet I

Egentlige klimatologiske værdier for regnintensitet for hele landet eller lokalt for Samsø foreligger ikke, men der er i forbindelse med udviklingen af korrektionsmodellen for flydende nedbør foretaget analyser af regnintensiteter ved 4 stationer, der dog ikke alle dækker perioden 1959-1974. Herved er bestemt månedlige middelintensiteter (tabel 3.5).

Disse værdier af I er benyttet til beregning af daglige korrektionsfaktorer for regn på Samsø.

Måned:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Regnintensitet:	1.12	1.21	1.18	1.38	2.01	2.46	3.01	2.90	2.26	1.71	1.37	1.26

Tabel 3.5. Middelværdier af regnintensitet baserede på data fra 4 stationer henover perioden 1959-1974 (Madsen og Allerup, internt notat).

3.2.3 Beregning af snefraktion α

Nedbørens art bestemmes ud fra middeltemperaturen: hvis denne er under 0 °C antages nedbøren at være sne, over 2 °C antages den at være faldet som regn, og ved temperaturer mellem 0 og 2 °C regnes den for slud. Således bestemmes α ved:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{hvis } T > 2 \\ -0.5T + 1 & \text{hvis } 0 < T \leq 2 \\ 1 & \text{hvis } T \leq 0 \end{cases}$$



4. Resultater

4.1 Korrektionsresultater på måneds- og årsbasis

Brug af dynamiske korrektionsværdier eller standardværdier fra indlandsstationer har vist sig at give systematisk for store korrektionsniveauer på Samsø jfr. notat ”Forslag til justering af standardværdierne for nedbørkorrektion” (Thomsen og Bitch, 2004). Dette skyldes efter alt at dømme klimatiske forskelle i nedbørforholdene mellem et indlandsklima, som standardværdierne repræsenterer, og et øklima som Samsø.

Det må antages, at snedebør forekommer sjældnere på Samsø end i indlandet, hvilket bør føre til lavere korrektioner. Omvendt risikerer korrektionen at blive øget som følge af generelt højere vindhastigheder nær havområder. Det skal blive spændende at se den samlede effekt af disse to modsatrettede faktorer.

Resultaterne af pilotprojektet er testet ved at sammenligne med resultater, der er dokumenteret i Thomsen og Bitch’s notat i form af sammenligninger med lysimetermålinger på Tunø. Det vil blive undersøgt, om de nye korrektionsberegninger er i bedre overensstemmelse med lysimetermålingerne og fører til en mere realistisk vandbalance. I analysen sammenlignes tre metoder:

1. *Den griddynamiske metode*: korrektioner beregnet med metoden beskrevet i kapitel 2 og 3.
2. *Månedsbaseret korrektion*: korrektioner vha. standardværdier for nedbørkorrektion.
3. *Døgnjusteret korrektion*: korrektioner vha. standardværdier tilpasset aktuelle døgn temperatur.

Metode 2 og 3 er beskrevet i notat af Thomsen og Bitsch (2004). Metoderne er i det følgende kaldt grid-, måneds- og døgnmetoden.

Der udføres 4 tests af korrektionsmetoderne:

1. Sammenligning med hidtidige beregninger for Samsø set i lyset af lokale klimaforhold.
2. Sammenligning med lysimetermålinger på Tunø og vurdering af resulterende vandbalance.
3. Generel sammenligning med standardværdier, og vurdering i forhold til lokale klimaforhold.
4. Analyse af resultater i forhold til dynamiske korrektioner fra NOVA projektet.

Nedbørmålinger ved 27055 Nordby tages som repræsentativ for nedbøren på Samsø, velvidende at der er lokale forskelle i nedbørmængderne. Nedbørserien fra 27040 Tunø anvendes som støtte til vurderingen af nedbørniveauet på Samsø og vandbalanceberegningerne på Tunø.

4.1.1 Sammenligning med hidtidige beregninger for Samsø på årsbasis

Det månedlige og årlige korrektionsniveau for stationerne 27040 Tunø og 27055 Nordby er beregnet for perioden juli 1989 til juni 2003 og er sammenlignet med de analyser af korrigerede årlige nedbørmængder, der er beskrevet i notatet ”Forslag til justering af standardværdierne for nedbørkorrektion” (Thomsen og Bitsch, 2004).

Selvom det er lunere på Samsø og Tunø end i indlandet og dette faktum burde føre til lavere korrektioner, så blæser det omvendt mere i kystnære regioner, hvilket har den modsatte effekt. Spørgsmålet er, hvilke af de to ”kræfter”, der har størst betydning.

Tabel 4.1 og 4.2 samt figur 4.1 viser den årlige nedbørsum (juni-juli) ved 27040 Tunø og 27055 Nordby for perioden 1989-90 til 2002-2003 beregnet vha. griddynamisk, månedsbaseret og døgnjusteret korrektionsmetode.

For Tunø giver gridmetoden en samlet korrigeret nedbørsum, der med en korrektionsprocent på 16.5 er omtrent lig med den månedsbaserede, men ligger langt over døgnmetoden med et årligt gennemsnit på 659 mm mod 626 mm. Dette er måske lidt overraskende, men kan til dels forklares med, at der er justeret for læforholdene vha. læindeks, hvilket ikke kan kompensere tilstrækkeligt for eventuelle systematiske forskelle i læforhold mellem forskellige retninger.

Den største overestimering sker i forholdsvis snerige vintre; specielt i vinteren 1995-1996 giver gridmetoden væsentlig større korrektioner end måneds- og døgnmetoden, hhv. 136 og 150 mm mere nedbør. Denne vinter faldt ca. 20 % af nedbøren som sne ifølge analyser af lufttemperatur, men specielt i perioden dec. 1995 til feb. 1996 er en stor del af nedbøren øjensynlig faldet som sne.

Sammenligning af resultaterne for snerige år med læforhold (se oversigten i tabel 3.2) viser, at brug af læindeks frem til 1998 fører til systematisk undervurdering af læforholdene ved vindretninger omkring øst. I vinteren 1995-1996 havde de store snehændelser vindretninger omkring nordøst; mens læindeks ved Tunø den vinter var 20, så var højdevinklen i retninger mod øst væsentlig højere, i gennemsnit 27, men specielt mod nordøst var der kraftigt læ grænsende til overbeskyttelse.

Da måling af sne er meget mere vindpåvirkelig end regn, slår en for grov håndtering af læforholdene igennem som en systematisk fejl på det samlede resultat. Som illustration heraf er det undersøgt, hvilken effekt det har på det samlede resultat, hvis der for en udpræget snerig periode i stedet for det ikke-repræsentative læindeks benyttes standardværdier for A-stationer, som gælder for læindeks mellem 20 og 30. Valget faldt på den snerige periode dec. 1995 til mar. 1996. Ændret praksis for disse 4 måneder fører til, at den samlede korrigerede årsnedbør falder med 12 mm til 649 mm og korrektionen fra 16.5 % til 14.8 %. Så unøjagtig håndtering af læforholdene kan være kritisk!

For Nordby ses ikke nær samme systematiske forskel mellem læindeks og højdevinkler. Det giver en rimelig forklaring på, hvorfor gridmetoden giver væsentlig lavere korrektioner end månedsmetoden, nemlig 680 mm, hvilket er 38 mm under månedsmetoden og kun 19 mm over døgnmetoden. Den resulterende korrektionsprocent for Nordby er 18.5 % mod 24.5 % for måneds- og 14.8 % for døgnmetoden.

Som for Tunø ses, at snerige år fører til højere korrektioner end både den måneds- og døgnbaserede metode. Men mens Tunø er en A-station, så er Nordby en B-station med knap så meget læ, og dette faktum fører til højere korrektionsniveau ved Nordby end på Tunø.

Det kommer som ingen overraskelse, at griddata ved begge stationer fører til generelt lavere årlige korrektioner, trods betydelige år til år variationer. De relativt snerige år kan ikke overskygge, at resultatet de fleste år ligger langt under månedskorrektionen. Standardværdierne tager ikke højde for variationer i nedbørstypen; i sæsoner med forholdsvis megen sne fører standardkorrektion til underestimering og overestimering i snefattige perioder.

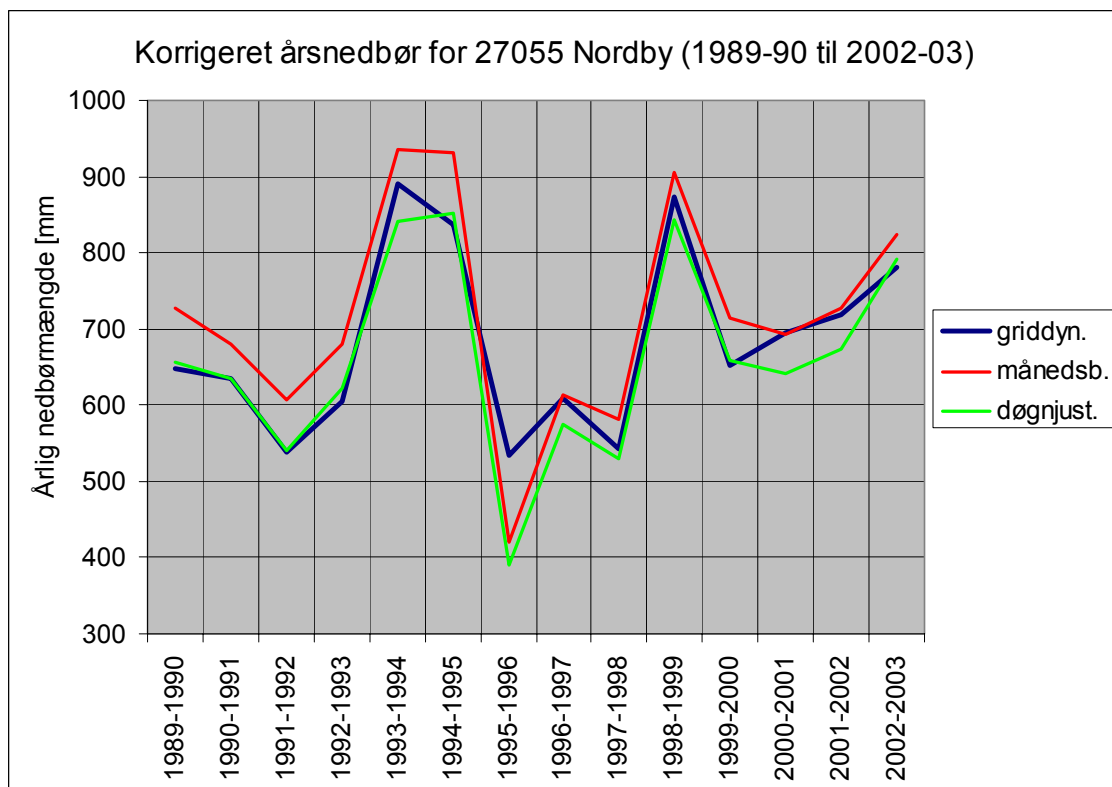
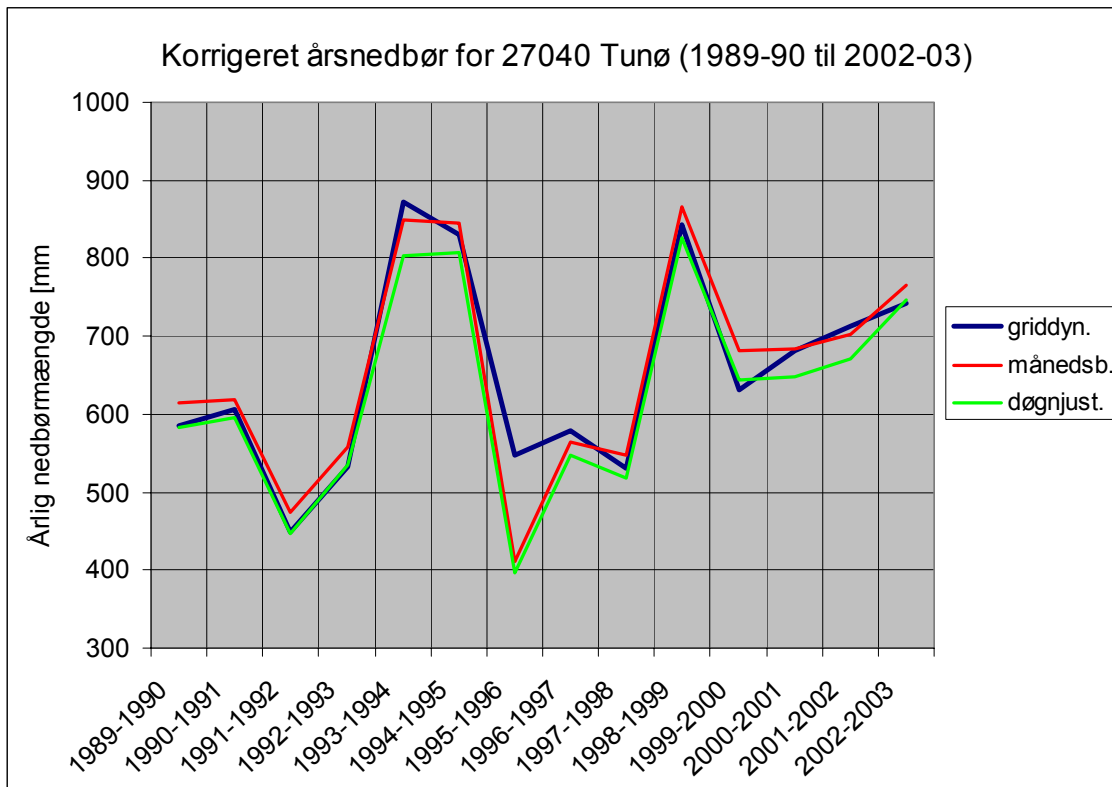
Figur 4.2 viser en systematisk sammenhæng mellem den årlige sneprocent og forskellen mellem grid- og månedsbaserede korrektioner for Tunø og Nordby. Forskellen øges med sneprocenten, hvilket er let at forklare jfr. figur 2.1, så det er oplagt, at brug af aktuel temperatur som indikation for nedbørstypen fører til mere reelle estimater. Det er svært at vurdere, om korrektionerne i de enkelte tilfælde er for høje eller for lave, da unøjagtig justering for læforhold også spiller ind.

27040 Tunø	Målt	Grid-dynamisk	Månedsbaseret		Døgnjusteret		Snepct.
			Psum	Forskel	Psum	Forskel	
1989-1990	526	584	615	-31	582	2	1
1990-1991	537	608	618	-10	595	13	4
1991-1992	404	449	474	-25	447	2	0
1992-1993	482	536	557	-21	534	2	1
1993-1994	725	877	850	27	802	75	11
1994-1995	728	830	845	-15	808	22	5
1995-1996	358	547	411	136	397	150	20
1996-1997	494	579	565	14	547	32	6
1997-1998	468	532	547	-15	518	14	2
1998-1999	747	854	865	-11	827	27	5
1999-2000	567	638	681	-43	644	-6	2
2000-2001	601	714	683	31	648	66	5
2001-2002	605	729	703	26	670	59	8
2002-2003	675	748	766	-18	747	1	3
I ALT	566	659	656	3	626	33	7
Korr. %		16.5		16.0		10.7	

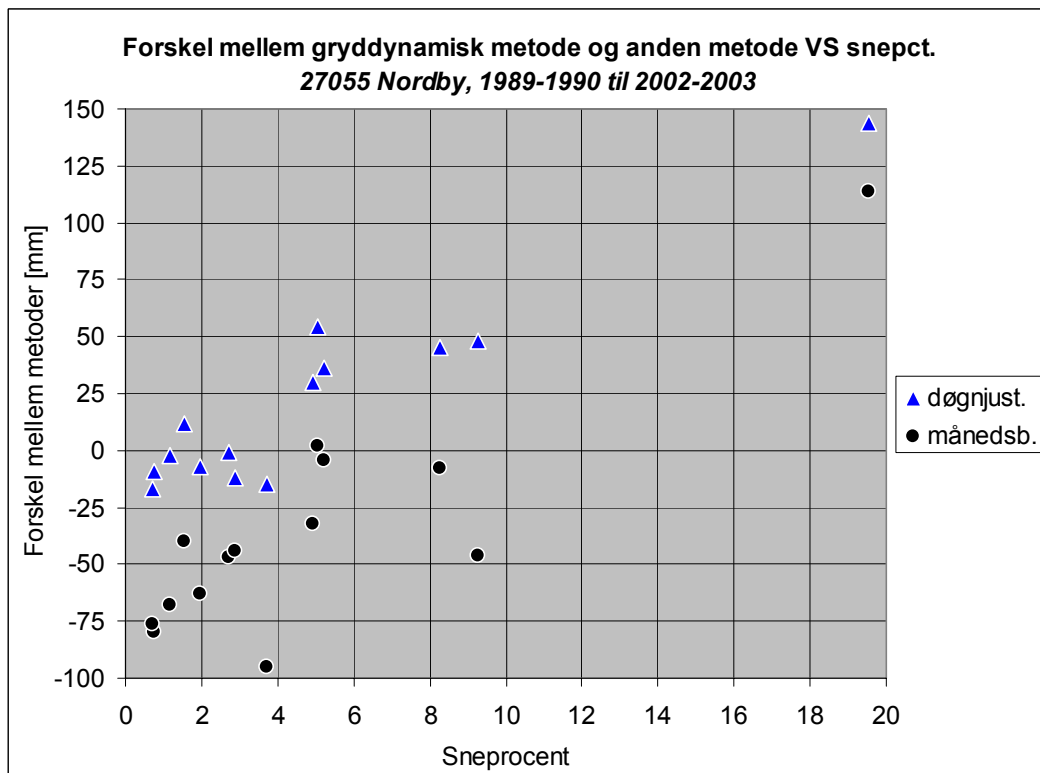
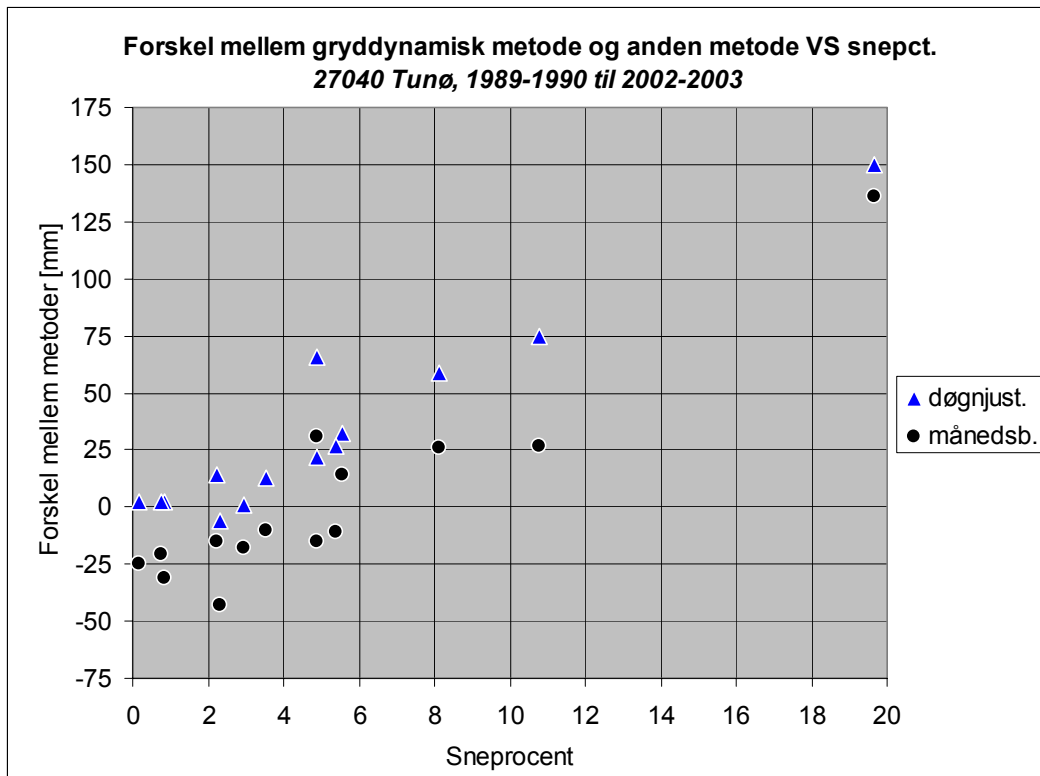
Tabel 4.1. Årlig korrigeret nedbørsum, juli-juni, og samlet korrektionsprocent ved 27040 Tunø beregnet vha. tre korrektionsmetoder: griddynamisk, månedsbaseret og døgnjusteret metode. For måneds- og døgnjusteret metode er angivet forskellen til den griddynamiske metode. Negative tal angiver, at gridmetoden beregner en lavere nedbørsum.

27055 Nordby	Målt	Grid-dynamisk	Månedsbaseret		Døgnjusteret		Snepct.
			Psum	Forskel	Psum	Forskel	
1989-1990	567	648	728	-80	657	-9	1
1990-1991	549	634	681	-47	635	-1	3
1991-1992	467	539	607	-68	541	-2	1
1992-1993	537	605	681	-76	622	-17	1
1993-1994	727	890	936	-46	842	48	9
1994-1995	732	836	931	-95	851	-15	4
1995-1996	348	535	421	114	144	100	20
1996-1997	495	610	614	-4	574	36	5
1997-1998	461	542	582	-40	530	12	2
1998-1999	745	874	906	-32	844	30	5
1999-2000	568	652	715	-63	659	-7	2
2000-2001	581	695	693	2	641	54	5
2001-2002	596	719	727	-8	674	45	8
2002-2003	700	780	824	-44	792	-12	3
I ALT	577	683	717	-35	661	22	6
Korr. %		18.5	24.5		14.8		

Tabel 4.2. Årlig korrigeret nedbørsum, juli-juni, ved 27055 Nordby (forklaring som for tabel 8).

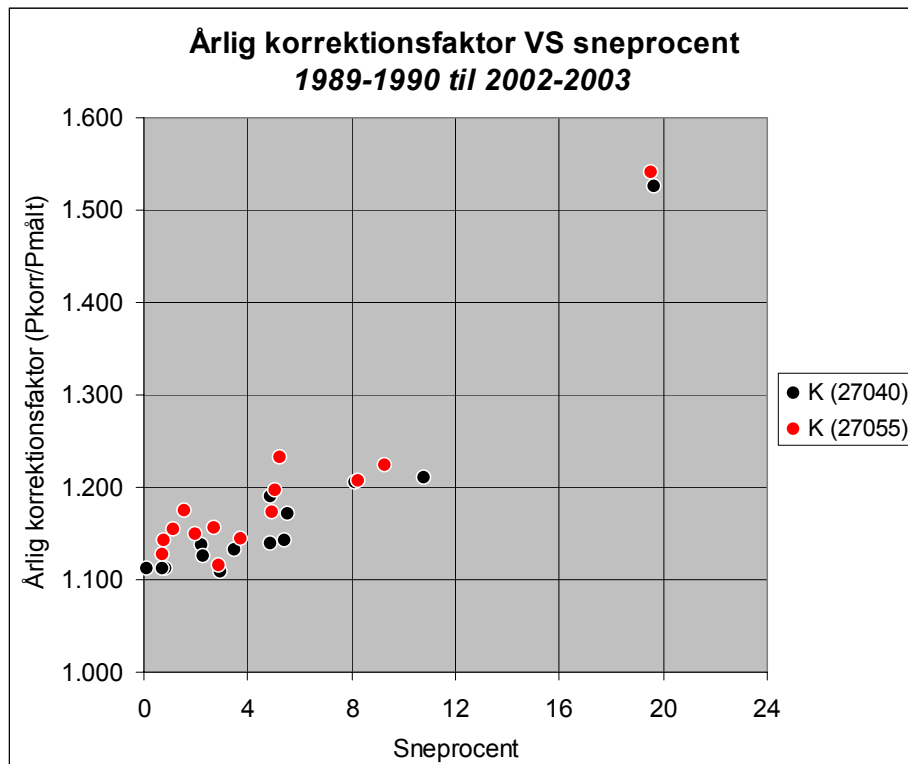


Figur 4.1. Årlig korrigeret nedbørsum, juli-juni, ved 27040 Tunø og 27055 Nordby beregnet vha. tre korrektionsmetoder: griddynamisk, månedsbaseret og døgnjusteret metode.



Figur 4.2. Sammenligning af sneprocent og forskel mellem gryddynamiske og døgnjusteret hhv. månedsbaseret korrektionsmetode. Foretaget for 27040 Tunø og 27055 Nordby for perioden 1989-1990 til 2002-2003.

Figur 4.3 viser, at korrektion vha. griddata de fleste tilfælde har forøget den årlige nedbørmængde med 10 til 18 %, nemlig de år hvor højst 7-8 % af nedbøren er faldet som sne, og der ses en klar sammenhæng mellem korrektionsfaktor og sneprocent. Nordby har generelt lidt højere korrektionsprocenter end Tunø for given mængde sne, til dels fordi læforholdene er bedst ved Tunø måleren. Resultatet understreger endnu en gang, hvor vigtigt det er at kende de aktuelle vejrforhold.



Figur 4.3. Årlig korrektionsprocent K ved 27040 Tunø og 27055 Nordby som funktion af mængde nedbør faldet som sne, som er estimeret vha. gridberegninger af lufttemperatur.

4.1.2 Særlig fokus på månedsværdier og vinternedbør

Grundvandsdannelsen sker primært i november til marts, hvilket f.eks. ses af figur 4.5a og 4.5b. Da det stort set kun er i denne periode, der kan falde sne, og det er for sne, de højeste korrektioner forekommer, er korrekt klassifikation af nedbørstypen meget afgørende for det resulterende estimat af grundvandsressourcer.

Tabel 4.3 og 4.4 målt og korrigeret nedbørmængde måned for måned 1989-2003 for 27040 Tunø og 27055 Nordby, beregnet vha. standard-, døgnjusteret og griddynamisk metode. Forskellene mellem de tre metoder kan være meget store om vinteren, mens de i sommermånederne i de fleste tilfælde når frem til omtrent samme korrektionsniveau.

Om sommeren er det brugen af aktuelle vindhastigheder, som af og til får den griddynamiske metode til at skille sig ud fra de to andre metoder. Om vinteren er det snedebør, der fører til de indimellem meget store forskelle. Det er tydeligt, at brug af standardkorrektion fører til for høj korrektion i milde vintre med regn, f.eks. vinteren 1989-1990, men til for lav korrektion i vintre med megen sne som i vinteren 1995-1996, hvor stort set al nedbør december til marts faldt som sne.



	metode	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	midd
Jan	målt		63	50	30	80	69	95	5	4	42	59	30	35	46	46	47
	standard		78	67	39	103	88	106	7	5	56	76	35	45	51	59	58
	døgn		67	57	34	88	76	91	6	4	48	65	30	38	44	50	50
	grid		71	55	33	93	83	132	14	7	47	73	36	41	54	62	57
Feb	målt		75	22	20	17	56	49	36	39	23	42	35	43	81	8	41
	standard		97	28	25	23	75	78	46	49	29	50	49	52	113	11	55
	døgn		83	24	21	19	64	69	39	42	25	42	42	44	96	9	47
	grid		83	41	25	21	93	54	132	53	30	53	46	72	120	12	63
Mar	målt		20	25	50	9	72	44	9	28	43	89	61	39	32	12	40
	standard		29	32	63	11	87	54	11	37	55	117	77	52	40	15	51
	døgn		25	28	55	10	77	47	10	33	48	103	67	45	35	13	45
	grid		24	28	56	11	96	53	17	47	55	107	69	64	41	16	51
Apr	målt		26	44	57	17	19	30	3	34	80	29	47	57	23	56	36
	standard		31	41	68	20	26	38	3	40	95	34	56	69	24	58	42
	døgn		29	38	63	18	24	35	3	37	89	32	52	64	22	54	39
	grid		31	50	65	20	22	36	3	39	92	33	51	63	27	62	41
Maj	målt		26	15	18	21	16	52	64	60	15	47	39	25	30	46	33
	standard		29	28	20	21	17	49	71	67	16	52	43	27	25	59	36
	døgn		28	27	20	21	17	48	70	67	16	52	43	27	24	58	35
	grid		28	16	20	23	18	56	69	66	17	51	44	27	34	50	36
Jun	målt		44	71	1	11	56	49	19	80	52	142	20	48	84	57	52
	standard		43	75	1	14	62	62	21	86	47	155	22	46	97	61	56
	døgn		43	76	1	14	63	63	21	87	47	157	22	47	98	62	57
	grid		48	78	1	13	61	53	22	87	57	152	23	54	90	61	57
Jul	målt	62	22	59	55	76	10	23	27	41	59	35	47	30	138		48
	standard	62	29	66	59	80	11	25	29	41	72	37	51	39	154		53
	døgn	64	30	67	60	82	11	25	30	42	74	38	52	39	58		47
	grid	68	24	62	59	83	11	25	29	43	65	38	51	33	146		51
Aug	målt	67	49	19	119	53	132	9	46	45	38	81	35	84	68		60
	standard	67	51	21	128	58	143	10	49	53	42	75	37	91	73		64
	døgn	69	53	21	132	60	146	10	51	54	43	77	38	93	75		66
	grid	73	53	22	126	59	139	10	49	47	44	86	38	90	71		64
Sep	målt	35	112	46	13	108	130	83	47	13	46	59	82	84	25		65
	standard	48	111	50	14	118	141	91	51	14	50	76	89	88	28		71
	døgn	49	113	51	14	120	143	92	52	15	51	77	91	89	28		72
	grid	38	121	49	15	116	140	90	51	15	50	63	90	93	27		71
Okt	målt	58	62	24	51	64	49	33	44	49	105	46	62	38	99		56
	standard	61	75	26	56	70	46	25	48	54	115	50	68	46	109		61
	døgn	62	75	26	57	70	46	25	48	54	116	51	68	46	110		61
	grid	63	66	26	55	68	53	35	47	53	115	51	69	43	108		61
Nov	målt	10	28	45	67	32	39	44	66	29	51	20	69	28	94		47
	standard	13	38	53	79	38	55	63	77	31	60	21	81	32	110		57
	døgn	12	37	50	74	36	52	60	73	30	56	20	76	31	104		54
	grid	13	33	51	75	53	44	52	78	33	57	23	79	32	103		55
Dec	målt	40	38	36	23	104	51	31	20	36	40	95	60	47	27		47
	standard	50	45	44	29	130	64	38	25	47	51	121	75	59	34		59
	døgn	44	40	39	26	114	57	34	22	41	45	106	66	52	30		52
	grid	45	43	40	26	124	57	78	27	43	53	110	67	71	32		59

Tabel 4.3. Korrektioner 1989-2003 for 27040 Tunø vha. standard-, døgnjusteret og griddynamisk metode.



	metode	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	midd
Jan	målt		48	45	37	80	71	89	5	4	45	63	27	35	46	46	46
	standard		73	70	56	122	106	119	8	6	72	86	41	49	56	64	66
	døgn		56	53	43	92	80	90	6	4	54	69	33	39	45	52	51
	grid		56	51	42	93	86	120	14	9	53	82	33	41	54	62	57
Feb	målt		90	18	20	25	54	51	36	43	20	42	35	43	81	8	40
	standard		129	27	30	38	86	94	54	65	31	56	51	57	123	12	61
	døgn		98	21	22	29	65	74	41	49	23	45	41	45	98	9	47
	grid		103	37	25	31	98	58	131	65	28	53	46	72	120	12	63
Mar	målt		24	26	75	15	72	43	6	28	48	89	61	39	32	12	41
	standard		45	36	108	21	100	56	8	41	64	126	82	56	43	16	57
	døgn		35	28	87	17	80	45	6	33	54	105	69	47	36	13	47
	grid		30	31	94	18	96	51	9	55	62	107	69	64	41	16	53
Apr	målt		24	42	59	17	19	38	5	34	58	29	46	47	23	59	36
	standard		31	50	76	21	29	57	7	43	73	37	57	61	25	61	45
	døgn		28	45	68	19	25	50	6	39	66	33	52	55	23	56	40
	grid		29	50	68	20	24	45	7	40	71	33	50	54	27	67	42
Maj	målt		16	15	23	25	27	39	55	54	23	43	39	20	30	49	33
	standard		19	24	27	27	32	39	64	63	25	48	44	22	25	68	38
	døgn		19	24	27	27	32	39	64	63	25	48	44	22	25	67	38
	grid		19	17	27	28	31	43	61	61	26	48	44	22	34	55	37
Jun	målt		53	83	1	11	52	42	26	72	56	142	20	48	84	55	53
	standard		49	92	1	15	59	53	29	81	56	158	22	47	99	59	59
	døgn		50	94	1	15	61	54	30	83	58	161	23	48	100	60	60
	grid		59	92	1	13	58	46	29	80	62	152	23	54	90	62	59
Jul	målt	76	32	66	60	76	9	18	17	15	39	32	43	20	138		46
	standard	83	47	76	67	83	10	20	19	16	49	35	47	29	157		53
	døgn	86	49	79	69	86	10	21	20	17	50	36	48	29	162		54
	grid	85	36	71	65	83	10	21	19	18	45	36	46	23	146		50
Aug	målt	70	48	19	107	53	133	10	54	61	38	75	34	84	63		61
	standard	71	53	21	120	60	149	11	60	70	42	80	37	92	68		67
	døgn	73	54	22	124	62	154	11	62	72	43	82	38	95	70		69
	grid	77	54	23	114	59	142	12	58	65	44	81	37	90	67		66
Sep	målt	28	107	47	17	101	135	67	35	12	64	63	82	84	50		64
	standard	44	115	54	20	114	151	75	40	13	71	72	91	90	56		72
	døgn	45	118	55	20	116	154	77	41	13	73	74	93	91	57		73
	grid	32	116	52	20	110	148	73	40	14	71	68	90	93	52		70
Okt	målt	73	64	30	69	82	56	45	61	58	110	54	62	38	99		64
	standard	84	77	35	81	96	57	41	71	68	125	60	70	47	113		73
	døgn	83	76	35	80	95	57	41	71	67	124	60	70	47	112		73
	grid	81	70	34	76	89	61	49	67	65	124	61	69	43	108		71
Nov	målt	21	28	51	79	34	40	44	73	29	41	20	69	28	94		47
	standard	29	42	65	102	44	62	56	93	31	50	23	85	34	116		59
	døgn	26	38	59	92	40	56	51	84	28	46	21	78	31	106		54
	grid	25	33	58	91	53	46	51	87	34	49	23	79	32	103		55
Dec	målt	44	40	39	33	86	57	31	22	36	46	96	60	47	27		47
	standard	63	57	58	48	126	84	45	32	58	64	129	82	65	37		68
	døgn	50	44	46	38	99	66	35	25	46	53	106	67	53	31		54
	grid	54	47	44	37	103	66	78	28	43	67	118	67	71	32		61

Tabel 4.4. Korrektioner 1989-2003 for 27055 Nordby vha. standard-, døgnjusteret og griddynamisk metode.

Tabel 4.5 viser middelværdi af månedlige korrektioner for perioden 1990-2002. I hvor høj grad aktuelle informationer om nedbørart er anvendt i beregningerne afspejler sig i det samlede resultat for de tre korrektionsmetoder.

Mens standardmetoden er en middel-metode, forsøger døgnmetoden at tage højde for den aktuelle nedbørtype ved at kombinere standardmetoden med daglige temperaturdata, hvorimod den griddynamiske metode yderligere tager højde for aktuelle vind- og nedbørforhold samt forholdsvis præcise informationer om lokale læforhold.

Resultatet er, at den griddynamiske metode i den snerigste del af året generelt giver en højere korrigeret månedssum end døgnjustering, for februar endog værdier over standardmetoden.

	Metode	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
27040 Tunø	Målt	47	41	40	36	33	52	48	60	65	56	47	47	571
	standard	58	55	51	42	36	56	53	64	71	61	57	59	662
	døgn	50	47	45	39	35	57	47	66	72	61	54	52	624
	grid	57	63	51	41	36	57	51	64	71	61	55	59	666
27055 Nordby	målt	46	40	41	36	33	53	46	61	64	64	47	47	577
	standard	66	61	57	45	38	59	53	67	72	73	59	68	717
	døgn	51	47	47	40	38	60	54	69	73	73	54	54	660
	grid	57	63	53	42	37	59	50	66	70	71	55	61	683

Tabel 4.5. Gennemsnitlige målte og korrigerede nedbør på månedsbasis 1990-2002 for 27040 Tunø og 27055 Nordby.

Tabel 4.6 og figur 4.4 viser målt og korrigeret vinternedbør for hver af sæsonerne 1989/90 til 2002/03. Desuden er vist korrektionsprocent for vinternedbør samt sneprocent og læindex. Sneprocenten angiver hvor stor en del af *vinternedbøren*, der er faldet som sne. Læindex er beregnet som et gennemsnit for at tage højde for ændringer i de enkelte perioder, f.eks. fældning af vegetation eller flytning af nedbørmåler.

Som ventet giver standardkorrektionerne store tal i hele perioden og korrigerer snefattige vintre til et for højt niveau og snerige til et for lavt. Behovet for at tilnærme korrektionsmetodikken til aktuelle vejrforhold er åbenbar. Samlet er mængden af vinternedbør ved Tunø og Nordby hhv. 270 og 312 mm med en korrektionsprocent på 26 og 41 for hele perioden. Det afspejler sig i korrektionerne, at der er forskel på læforholdene ved de to stationer; mens Tunø er en A-station i det meste af perioden (velbeskyttet), så er Nordby en B-station (moderat beskyttet).

Døgnjusteringen, som er baseret på fleksibel brug af selv samme standardkorrektioner, giver for vinterperioden betydelig lavere korrektioner. Vintre med dominans af regn bliver korrigeret til et mere realistisk niveau, da metoden forholder sig til nedbørforholdene på daglig basis og således reducerer systematiske fejl i korrektionsniveauet betragteligt. Desuden tages der højde for, om læforholdene svarer til en A-, B- eller C-station, på samme måde som ved standardkorrektion. Det faktum, at der for snenedbør anvendes den pågældende måneds standardkorrektion, fører til systematisk underestimering af nedbørkorrektionen i snerige vintre.

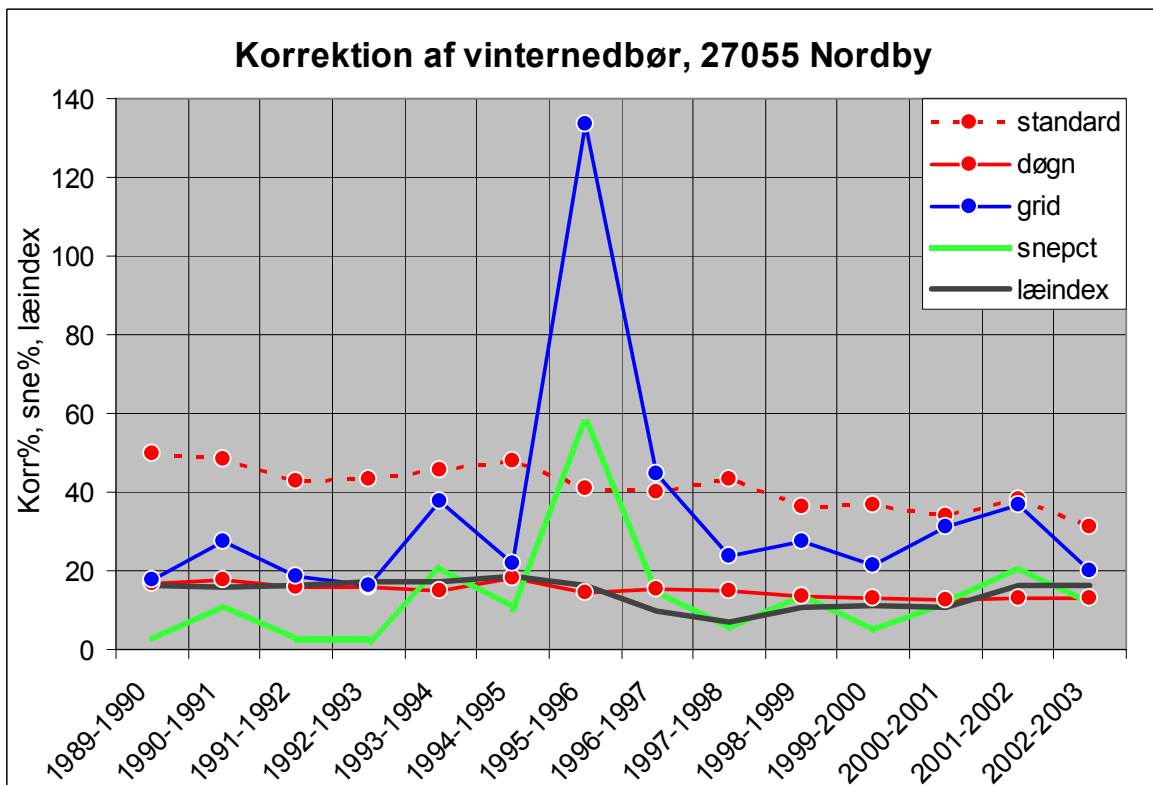
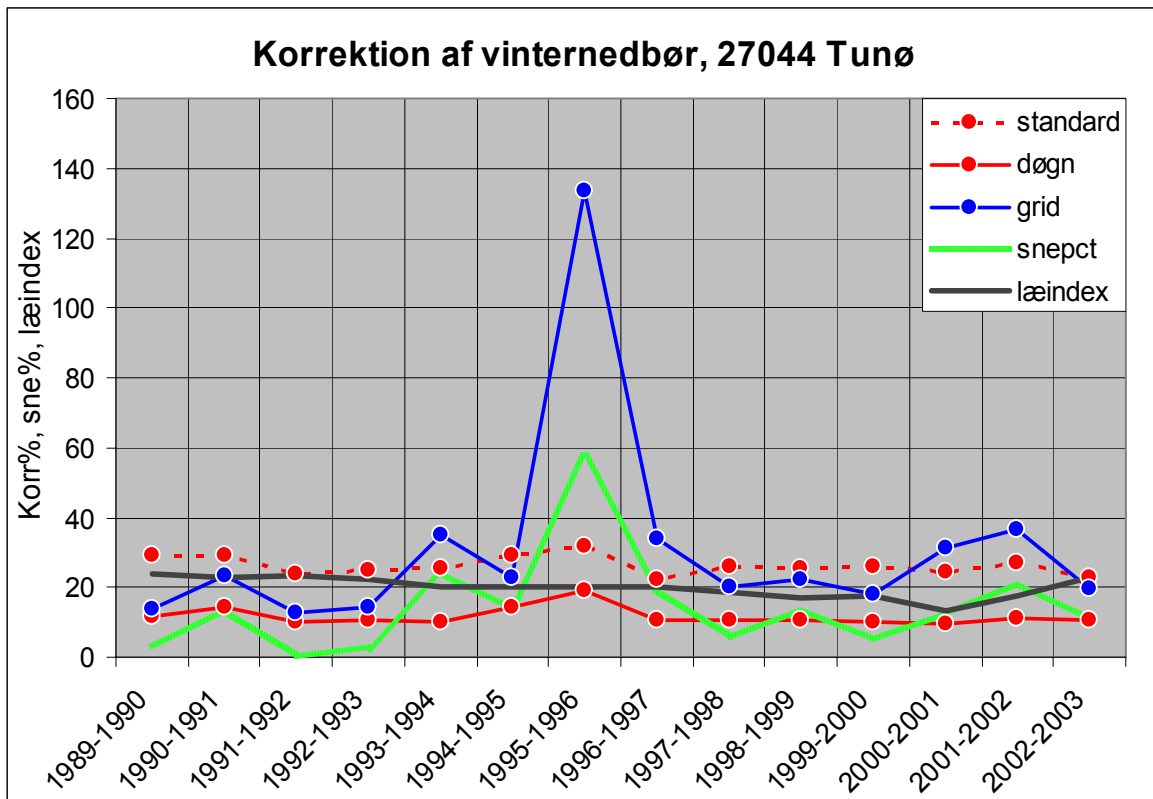
Dette billede bliver tydeligt, når der med griddynamiske metode indarbejdes daglige værdier af vindhastighed, nedbørtype, temperatur og regnintensitet samt aktuelle læforhold. Mens

korrektionsniveauet for de regnrigeste vintre næsten er det samme for døgnjusteret og griddynamisk metode, skal der ikke megen sne til, førend korrektionen er betragteligt forøget, også i forhold til standardkorrektion. Dette er særlig tydeligt for den mest snerige af vintrene, 1995-1996, hvor 57 % af vinternedbøren er beregnet til at være faldet som sne.

Dette skal ses i forhold til den målte vinternedbør, der var meget lav i forhold til resten af perioden: ved Tunø 125 mm og Nordby 121 mm. Standard- og døgnkorrektion fører i sagens natur også til lave værdier, hhv. 165 og 149 mm ved Tunø og 171 og 139 mm ved Nordby. Derimod giver den griddynamiske korrektion pga. den megen sne hhv. 292 og 283 mm. Det store spørgsmål er hvilke af korrektionerne, der ved gennemregning i Daisy, giver det mest realistiske bud på grundvandsdannelsen på Samsø.

Station	Periode	Vinternedbørmængde				Korrektions %			Sne%	læindex
		Målt	Std	Døgn	Grid	Std	Døgn	Grid		
27040 Tunø	1989-1990	207	267	231	236	29	12	14	3	24
	1990-1991	163	210	186	201	29	14	23	13	23
	1991-1992	181	224	199	204	24	10	13	0	23
	1992-1993	196	245	217	225	25	11	14	2	22
	1993-1994	334	418	367	450	25	10	35	24	20
	1994-1995	277	357	316	341	29	14	23	13	20
	1995-1996	125	165	149	292	32	19	134	57	20
	1996-1997	158	193	174	211	22	10	34	19	20
	1997-1998	173	218	192	209	26	11	20	5	19
	1998-1999	282	354	311	344	26	10	22	13	17
	1999-2000	240	303	265	284	26	10	18	5	17
	2000-2001	245	305	269	322	24	10	31	12	13
	2001-2002	233	295	258	318	27	11	37	21	17
	2002-2003	187	229	206	224	23	10	20	11	23
middel	214	270	239	276	26	11	29	18	20	
27055 Nordby	1989-1990	227	339	265	267	50	17	18	3	16
	1990-1991	156	232	184	199	48	18	27	11	16
	1991-1992	222	317	257	263	43	16	19	2	16
	1992-1993	231	331	268	269	43	16	16	2	17
	1993-1994	317	462	364	437	46	15	38	21	17
	1994-1995	280	415	331	341	48	18	22	10	19
	1995-1996	121	171	139	283	41	14	133	57	16
	1996-1997	169	237	195	245	40	15	45	15	10
	1997-1998	179	256	205	221	43	15	24	5	7
	1998-1999	281	382	318	358	36	13	28	13	10
	1999-2000	239	326	270	289	37	13	21	5	11
	2000-2001	245	329	276	322	34	13	31	12	11
	2001-2002	233	321	263	318	38	13	37	20	16
	2002-2003	187	245	211	224	31	13	20	11	16
middel	220	312	253	288	41	15	31	16	14	

Tabel 4.6. Målt og korrigeret vinternedbørmængde ved 27040 Tunø og 27055 Nordby for perioden 1989-2003. Desuden er vist, hvor vinternedbørens procentvise andel af den samlede 12-måneders mængde. Der er vist resultater for måneds- (std), døgn- (døgn) og griddynamisk metode (grid). Sne% angiver, hvor stor en del af vinternedbøren, der er faldet som sne.



Figur 4.4. Værdier for vinternedbør (november-marts) 1989/90-2002/03 af korrektionsprocent, sneprocent og middellæindex for 27040 Tunø og 27055 Nordby. Der er vist resultater for måneds- (std), døgnet (døgnet) og griddynamisk metode (grid). Sne% angiver, hvor stor en del af vinternedbøren, der er faldet som sne.

4.1.3 Næranalyse af forskelle mellem døgnjusteret og griddynamisk korrektion

I figur 4.5a og 4.5b er vist analyse af nettonedbør for Nordsamsø i form af daglige værdier af perkolation (mm/dag) for årene 1989/1990 til 1999/2000. Beregningerne er lavet for jordtype Ea3DS med Jb3 i A-horisont og smeltevandssand i B- og C-horisont samt sædskifte 3-3 (kontinuerlig vinterhvede) (Rambøll, 2005).

Nedbørinput til beregningerne i figur 4.5a og 4.5b er fremkommet vha. døgnjusteret og griddynamisk korrektionsmetode. De to metoder resulterer i stort set ens perkolation de fleste år, men i enkelte år fører gridmetoden i kortere perioder til væsentlig større perkolation end døgnjusteringen. For at opnå større viden om, hvilken effekt beregningsmetodikken konkret har på resultaterne, er der fokuseret på at finde forklaringer på de største af de konstaterede forskelle:

1. Meget stor forskel i perkolation i midten af marts 1994.
2. Stor forskel omkring 25-26. januar 1995.
3. Meget stor forskel de sidste ca. 20 dage af april 1996.
4. Flere tilfælde med relativt store forskelle i vinteren 1998-1999.

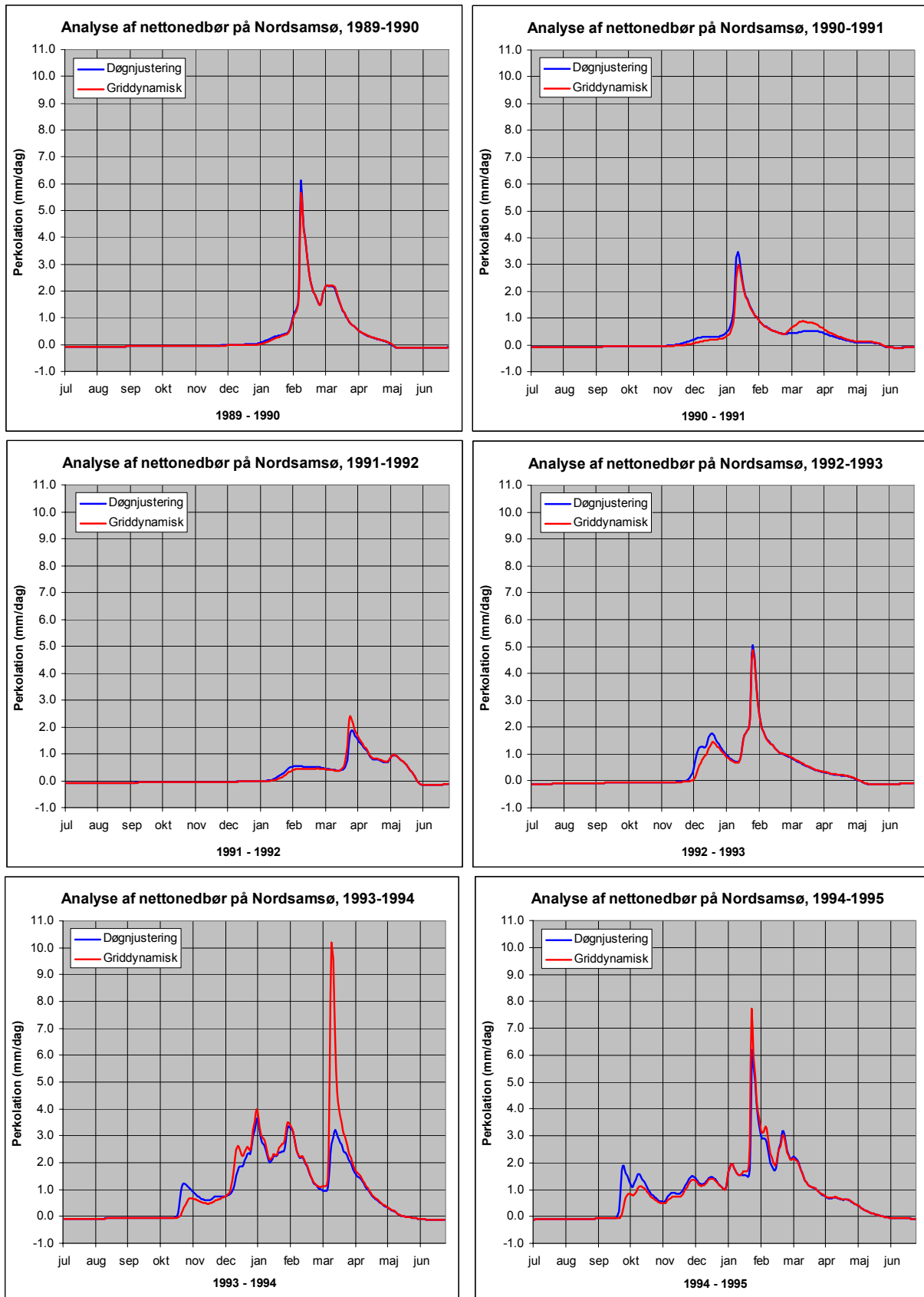
Fremgangsmåden i denne søgning har været at analysere nedbørstypen i den forudgående periode. Der har været særlig opmærksomhed overfor sne, som kan give størst forskel i korrektionsniveau. Specielt i kolde vintre som den i 1995-1996 må det formodes, at der kan være lang responstid fra sneen er faldet til nedsivningen øges. Specielt i vintre med lange frostperioder er der vurderet nedbørhændelser henover en forholdsvis lang periode op til det tidsrum, hvor forskellene mellem de to beregningsmetoder træder frem i Daisy beregningerne.

(1) Meget stor forskel i perkolation i midten af marts 1994:

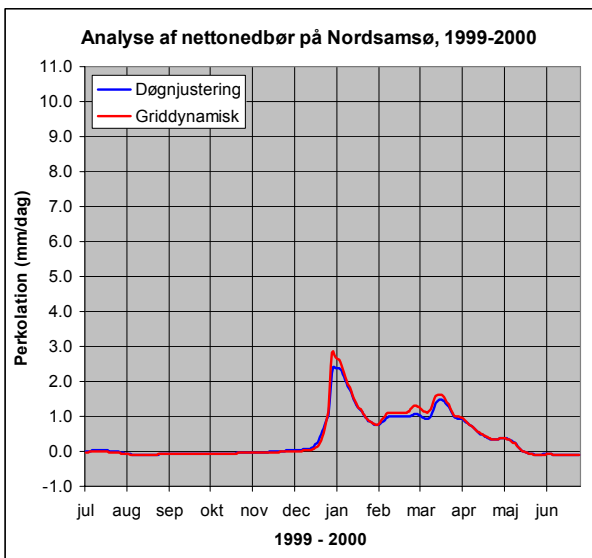
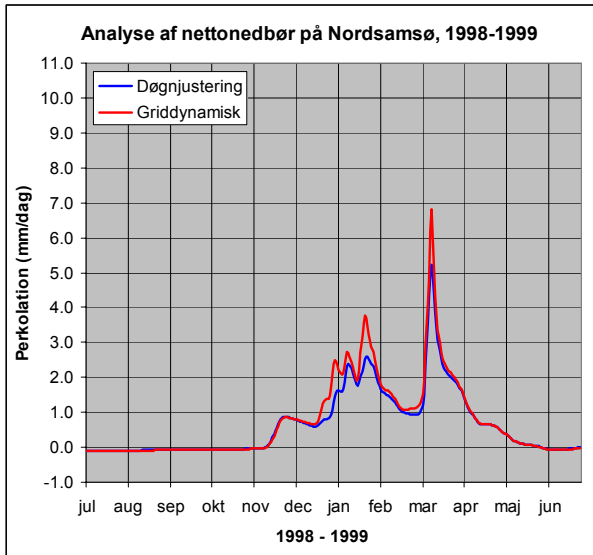
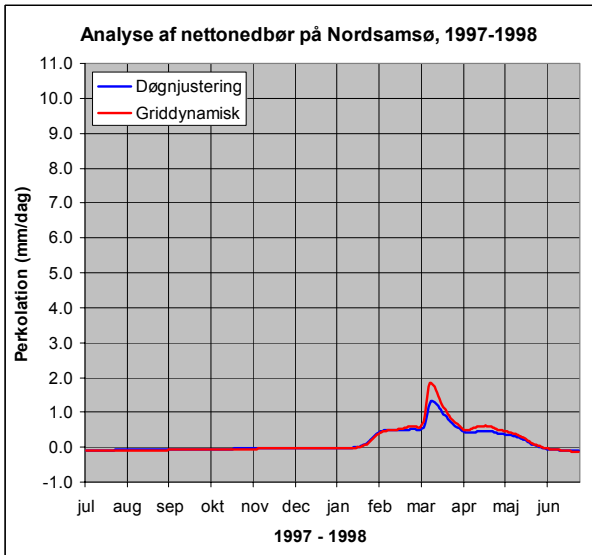
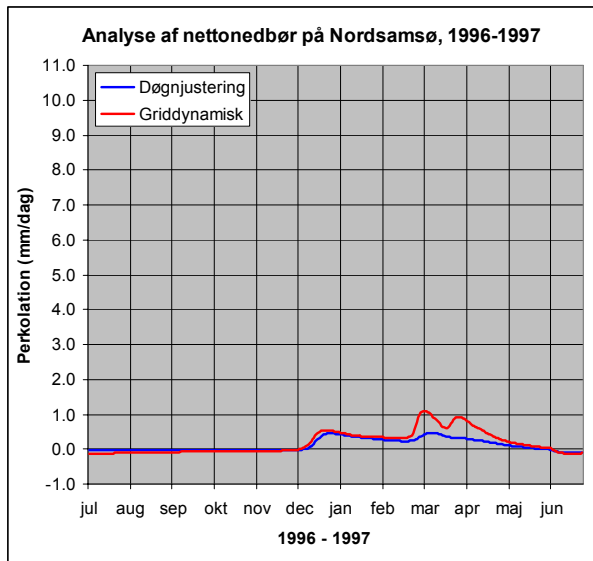
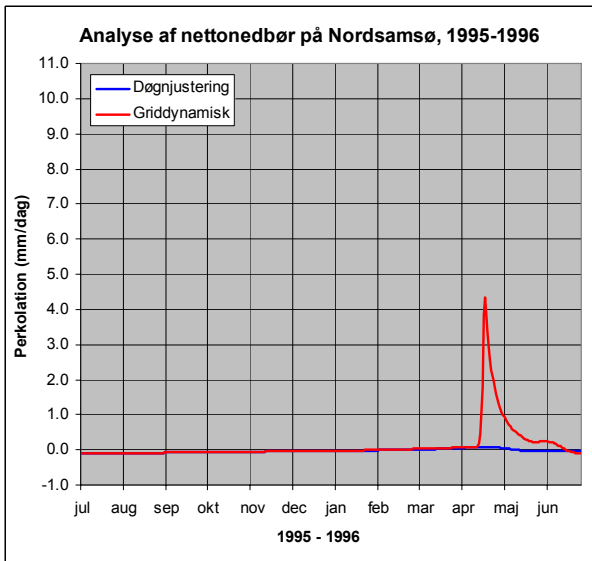
Årsagen til den store forskel (se figur 4.5a) kan spores tilbage til sne i slutningen af februar og starten af marts. Snekorrektionen vha. griddynamisk metode bliver meget stor her med korrektionsfaktorer på 1.85 - 3.17 i dagene 27/2 til 3/3-1994. Nordby (dvs. Kanhave data) målte 31.0 mm, som blev korrigeret til 74.2 mm. For Tunø blev 25.2 mm korrigeret til 57.8 mm.

Gridværdier af temperatur og vind viser døgn gennemsnit på hhv. -0.2 til -2.1 °C og 2.4 til 4.3 m/sek (korrigeret ned til 1.5 m og justeret for læforhold), så korrektionsteknik er nedbørtallene valide. Sneprocenten var i hele nedbørperioden på 100, men da denne er baseret alene på døgnmiddelværdi af temperatur, kan temperaturen en del af tiden godt have været over 0 °C, så det kan ikke udelukkes, at noget af nedbøren har været regn. Ved temperaturer nær 0 °C ses ofte, at indlandet har sne, mens øer og kyster med pålandsvind har slud eller regn. Hvis dette har været tilfældet på Samsø de pågældende døgn, har det stor betydning for korrektionsfaktoren! Ergo bør der tilstræbes, at nedbørstypen u højere grad er baseret på observationer og ikke kun temperaturmålinger.

Spørgsmålet er desuden, hvilke egenskaber sne har tæt ved hav: det kan postuleres, at sneen har et højere fugtighedsindhold og er tungere end den type sne, som korrektionsmodellen for sne er baseret på. Resultatet for kystnære egne vil da være reduceret vindeffekt og lavere korrektionsniveau end det, modellen giver. Et udestående i forhold til korrektionsmodellen er at efterprøve, i hvor høj grad den er repræsentativ i forhold til lokale klimaforhold.



Figur 4.5a. Analyse af nettonedbør på Samsø: forskel mellem døgnjusteret og griddynamisk korrektion.



Figur 4.5b. Analyse af nettonedbør på Samsø: forskel mellem døgnjusteret og griddynamisk korrektion.

Hvis der fokuseres på læforholdene, kan der til en vis grad argumenteres for at modificere korrektionsniveauet. Vindretningen i perioden med sne var næsten udelukkende Ø og NØ. I Nordby (baseret på data fra Kanhave) var højdevinklen mod NØ, Ø og SØ hhv. 23, 15 og 10 (målt 1/6-1992) med et generelt læindeks på 17. Et halvt år efter snevejret er der foretaget en ny måling, som giver hhv. 25, 18 og 14 mod NØ, Ø og SØ (træerne er vokset). På Tunø var læindeks 27 mod Ø, mens det generelle indeks var 20. Det faktum, at lævirkningen op mod vinden var større end det læindeks, der er benyttet i lækorrektionen, taler i retning af lidt lavere korrigerede nedbørmængder.

Det særlige ved denne snehændelse var, at det sneede kraftigt i flere dage, og nogle steder i landet (Nord- og Midtjylland) lå der 50 cm sne efter snevejret sidst i februar og 30 cm efter endnu en gang sne først i marts. Fygning kan i øvrigt have været et problem for nedbørmålingerne.

27080 Tranebjerg nåede op på 30 cm snedække. Højdevinklen mod øst var 45. Tilvæksten i snedække var faktor 1.667 til 2.157 større end den mængde nedbør, der blev målt. Altså en indirekte indikation af, at korrektionsfaktoren var i omegnen af 2. Hvis det antages, at dette resultat kan overføres generelt for hændelsen, bør den korrigerede nedbørmængde ved Nordby være det dobbelte af den målte og mindst være oppe i omegnen af 60 mm. Da Nordbys læforholdene var dårligere mod øst end ved Tranebjerg, må korrektionsfaktoren have været lidt højere end 2, og det må konkluderes, at den korrigerede nedbørmængde på 74.2 mm ved Nordby er meget sandsynlig.

De 30 cm sne ved Tranebjerg smeltede væk i løbet af 4-5 døgn efter 3/3. Inden tøjbruddet var der 19 døgn med døgnmiddeltemperaturer under 0 °C. Jorden har derfor været frosset. Disse forhold fører i en periode til overfladisk afstrømning og manglende nedsivning af smeltevand og giver en del af forklaringen på, hvorfor forskellen mellem de to beregningsmetoder først når sit maksimum 15/3.

(2) Stor forskel omkring 25-26. januar 1995:

Der er faldet nedbør, til dels med sne, den 9/1, 19/1, 20/1 og 23/1 ved en sneprocent på hhv. 85-90, 35, 70 og 15-20.

Specielt den 9/1 og 20/1 bliver den målte nedbør korrigeret til næsten det dobbelte. Den 9/1: for Tunø korrigeres 9.2 mm op til 16.2 mm, og for Nordby fra 5.5 til 9.7 mm. Den 20/1: Tunø korrigeres fra 2.5 til 5.0 mm, og Nordby fra 6.5 til 12.3 mm.

Netop den 20/1 var der tale om en vejrtype med faseskift - sne til regn eller regn til sne - så for at sikre korrekt input til korrektionsmodellen er det vigtigt, at nedbørtyper er bestemt ud fra observationer i nedbørperioden og ikke døgnmiddel af temperatur. Der gælder også, at vindhastigheden bør beregnes som middelværdi under nedbør; i de enkelte hændelser kan der være betydelige forskelle mellem døgnværdi og værdier i selve hændelsen.

(3) Meget stor forskel de sidste ca. 20 dage af april 1996:

Der hvor korrektionsberegningerne virkelig fører til et "exceptionelt" højt korrektionsniveau er den 19-20. februar. Den 19/2: Tunø målte 19.1 mm og blev korrigeret til 78.5 mm. Den 20/2: Tunø korrigeres fra 7.2 til 36.9 mm. Korrektionsfaktoren var hhv. 4.082 og 5.022 ved sneprocent på 100.

Herefter falder der i perioden frem til 23/4 kun 12.7 mm nedbør (eller 22.7 mm korrigeret) ved Tunø. Mht. responstid så taler den lange periode fra den store snehændelse til ca. midt i april mod at se så langt tid tilbage. Men imidlertid var marts kold, og ikke før starten af april stiger temperaturen markant over 0 °C. Selvom det er svært at sige, hvor længe jorden har været frosset, er der

indikationer på usædvanlige forhold. Havet omkring Samsø var koldt (det var en isvinter), hvilket har forsinket varmfrembruddet på Samsø i forhold til resten af landet. Marts var generelt kold (landsgennemsnit på 0 °C). Der var snedække ved Tranebjerg frem til midt i marts, og der kom kortvarigt snedække nogle gange frem til starten af april, hvilket taler for frosset jord usædvanlig langt hen på foråret.

Snevejret i februar gennemgås yderligere for at se efter en mulig forklaring på de konstaterede forskelle.

Vinden kom fra Ø og NØ de to døgn. Højdevinklen ved Tunø var 20 mod Ø og 40 mod NØ, altså til dels en overbeskyttelse. Læindeks var imidlertid kun 20. Vinden var i Ø den 19/1 og NØ den 20/1. Det blæste særlig kraftigt, da vinden gik over i NØ, hvilket gør korrektionsberegningerne den 20/1 vanskelige, især fordi der alt at dømme har været problemer med snefygning, så de reelle nedbørmængder i virkeligheden måske var mindre. Modelteknisk er der endnu ikke, ej heller internationalt, fundet nogen løsning på, hvordan snefygning bør håndteres i korrektionsberegninger. Snefygning er ”blot” en fejlkilde, der i de enkelte tilfælde er af ukendt størrelsesorden.

Det kan nævnes, at der ved Tranebjerg de to døgn kun blev målt hhv. 4.5 og 0.5 mm med en højdevinkel mod Ø og NØ på hhv. 45 og 23. Snedækket her blev de to døgn forøget fra 1 til 35 cm.

Det kan ikke udelukkes, at snefygning har givet ekstra bidrag til nedbørmængden ved Tunø, og at der korrigeres for højt, fordi der benyttes læindeks i stedet for højdevinkel for den lægiver, der vender op mod vinden jfr. at Tunø har en højdevinkel på 40 mod NØ.

Endelig er forholdene *under nedbør* vigtige. En analyse af middelværdi af vindhastighed under sne ved 10 klimastationer for perioden 1989-1996 viser, at middelværdi under sne generelt udgør 88 til 97 % af døgnmiddelværdien. Dette kunne pege mod et generelt lidt lavere korrektionsniveau for gridmetoden, der netop benytter døgnmiddelværdier, men det reelle billede af nedbørforholdene fås kun, hvis der ses på den enkelte nedbørhændelse.

Alt i alt bedømmes det som sandsynligt, at nedbørmængden er korrigeret til et for højt niveau, men selv hvis der tages højde for fejlkilderne, vil den korrigerede mængde stadig være meget stor.

(4) Flere tilfælde med relativt store forskelle i vinteren 1998-1999:

Der er relativt store forskelle mellem den døgn- og gridbaserede korrektion, dog meget mindre end i de forrige eksempler. Det formodes, at gennemgangen af de tre forrige eksempler er fyldestgørende for, hvilke faktorer der kan tænkes at spille ind på korrektionsresultatet. Men ellers:

- *Mht. forskelle i perkolation den 30/12-1/1:* klassifikation af nedbøren som sne den 13/12 betød korrektion for Tunø fra 13.2 til 18.6 mm. Sneprocenten blev ud fra døgntemperaturen beregnet til 75. Dette er et godt eksempel på, hvad det betyder at kende den rigtige nedbørtype: perioden startede med frost og lav en døgnmiddelværdi tæt på 0 °C, men da nedbøren kom, var temperaturen steget, og det hele faldt som regn! Ergo korrigeres der til et for højt niveau.
- *Mht. forskelle den 21/1-24/1:* sne henover den 12/1 til 14/1 betød korrektion for Tunø fra ialt 9.8 mm til 18.1 mm. Sneprocenten blev beregnet til 100. Nedbøren faldt faktisk som sne. Vinden var NØ i starten og drejende gradvis om i SØ. Vindhastigheden under nedbør var faktisk større end for hele døgnet, hvorfor der antagelig er korrigeret til et for lavt niveau!

Alt i alt er der mange forhold, der kan forklare, hvorfor der er de konstaterede forskelle i nettonedbør mellem døgnbaseret og griddynamisk korrektion. Vælges der en metode, bør den dog gennemføres konsekvent. Ovenstående gennemgang peger på nogle centrale forhold, det er værd at forfølge med henblik på forbedring af praktisk korrektionsmetodik.

4.1.4 Sammenligning med lysimetermålinger på Tunø

Resultaterne af gridmetoden er blevet sammenlignet med nettonedbør ved Tunø, dels målte værdier og resultater fra måneds- og døgnmetoden i Thomsen og Bitch (2004), og dels resultater af Daisyberegninger som er baseret på korrigeret nedbør fra den griddynamiske metode (Rambøll, 1995). Der er anvendt lysimetermålinger fra Tunø i beregningerne. Den resulterende vandbalance som følge af gridmetoden er valideret i forhold til resultatet af de to andre metoder.

Tabel 4.7 viser resultater. På baggrund af nedbørdata korrigeret efter de tre korrektionsprincipper er der udført beregning af nettonedbøren på tre forskellige Daisy beregningskolonner. Beregningerne er udført på nedbørtidsserier fra hhv. Nordby og Tunø. De tre Daisy beregningskolonner er forskellige mht. jordtype, men er ens hvad angår vegetation. Beregningerne er udført med vegetationen permanent græs (Rambøll, 2005).

Tabel 4.8, 4.9 og 4.10 viser de årlige nettonedbørmængder for hver af de tre jordtyper. Nettonedbøren er opgjort fra juli til juni. Resultaterne beregnet på grundlag af grid- og døgnmetoden er tidligere præsenteret i Thomsen og Bitsch (2004).

Ved Tunø gav døgnmetoden generelt en underestimering af nettonedbøren, og månedsmetoden gav kun let forhøjede værdier. Gridberegningerne har ikke ændret ved dette billede; der er nu en ganske let overestimering. For Nordby ses en betragtelig forbedring i forhold til månedsmetoden, da overestimeringen er blevet ca. 20 % mindre.

Målt og beregnet nettonedbør for perioden juli 1989 - juni 2003, mm/år		målt	27055 Nordby			27040 Tunø		
			Daisy			Daisy		
			Grid	Måned	Døgn	Grid	Måned	Døgn
Jordtypen Ea3-ML	nettonedbør	200	225	263	204	201	204	171
	beregnet/målt		1.13	1.32	1.02	1.01	1.02	0.86
Jordtypen Ea3-DS	nettonedbør	200	239	277	218	215	218	186
	beregnet/målt		1.20	1.39	1.09	1.08	1.09	0.93
Jordtypen Ea1-DS	nettonedbør	200	255	293	234	231	234	202
	beregnet/målt		1.28	1.47	1.17	1.16	1.17	1.01

Tabel 4.7. Målt og beregnet nettonedbør samt forholdet mellem beregnet og målt værdi for perioden 1989-2003 ved brug af nedbør fra 27040 Tunø og 27055 Nordby. Beregninger for 3 forskellige jordtyper (Rambøll, 2005).

Som tidligere fremført fører usikkerheden på læindeks i forhold til vindretning under nedbør sandsynligvis til let overestimering af korrektionen på Tunø, specielt for sne, idet højdevinklerne mod øst ligger systematisk over læindeks i det meste af måleperioden. Det må antages, at en justering for dette forhold vil resultere i lavere nettonedbør for Tunø, hvilket bør føre til bedre overensstemmelse mellem målinger og beregninger.

	Målt (mm)	27055 Nordby			27040 Tunø		
		Grid	Måned	Døgn	Grid	Måned	Døgn
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
år 89-90	130	190	275	197	132	170	130
år 90-91	143	145	192	145	149	164	138
år 91-92	145	146	219	143	73	103	69
år 92-93	172	213	287	227	153	178	152
år 93-94	343	430	480	377	426	407	352
år 94-95	327	392	485	402	376	395	355
år 95-96	79	118	33	26	125	31	29
år 96-97	122	135	135	89	91	73	52
år 97-98	213	118	166	105	102	119	82
år 98-99	305	337	367	298	293	307	262
år 99-00	154	205	257	195	185	216	173
år 00-01	200	250	268	213	255	245	207
år 01-02	198	244	251	194	245	224	185
år 02-03	273	231	274	245	211	228	210
Middel	200	225	263	204	201	204	171

Tabel 4.8. Målt og beregnet nettonedbør for jordtypen Ea3-ML (Rambøll, 2005).

	Målt (mm)	27055 Nordby			27040 Tunø		
		Grid	Måned	Døgn	Grid	Måned	Døgn
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
år 89-90	130	203	287	209	146	183	144
år 90-91	143	161	207	160	165	180	154
år 91-92	145	161	232	157	88	117	84
år 92-93	172	229	303	243	168	194	168
år 93-94	343	442	493	390	438	419	364
år 94-95	327	408	501	417	392	410	370
år 95-96	79	132	49	41	137	44	44
år 96-97	122	150	149	105	107	87	68
år 97-98	213	130	176	116	116	132	95
år 98-99	305	353	383	314	310	324	279
år 99-00	154	216	268	206	195	226	183
år 00-01	200	266	283	229	270	260	223
år 01-02	198	257	264	207	259	237	199
år 02-03	273	245	286	258	226	243	225
Middel	200	239	277	218	215	218	186

Tabel 4.9. Målt og beregnet nettonedbør for jordtypen Ea3-DS (Rambøll, 2005).

	Målt	27055 Nordby			27040 Tunø		
		Grid	Måned	Døgn	Grid	Måned	Døgn
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
år 89-90	130	217	302	224	161	197	158
år 90-91	143	176	222	175	180	194	168
år 91-92	145	176	248	172	103	132	99
år 92-93	172	244	318	258	183	209	183
år 93-94	343	456	507	404	452	434	378
år 94-95	327	422	515	432	406	424	384
år 95-96	79	145	62	54	150	57	57
år 96-97	122	165	164	122	122	104	85
år 97-98	213	145	192	132	132	148	112
år 98-99	305	367	397	328	324	338	293
år 99-00	154	237	288	228	216	246	205
år 00-01	200	280	298	244	284	275	237
år 01-02	198	271	278	221	273	251	213
år 02-03	273	272	315	287	253	271	253
Middel	200	255	293	234	231	234	202

Tabel 4.10. Målt og beregnet nettonedbør for jordtypen Ea1-DS (Rambøll, 2005).

For Nordby kan der ikke på samme måde peges på specifikke faktorer som forklaring på, hvorfor gridmetoden øjensynlig fortsat fører til overestimering af nettonedbøren. På den anden side er det ikke givet, at lysimetermålingerne er repræsentative for Nordby. Det antydes af, at klimaet på Tunø er lidt tørrere end i Nordby, da der årligt er målt hhv. 566 mm og 576 mm ved de to lokaliteter. Forskellen er i virkeligheden større, fordi måleren i Nordby i højere grad end på Tunø er udsat for vindens påvirkning. Årsagen til det lidt vådere klima ved Nordby er sandsynligvis terrænet vest for Nordby, der i visse vejsituationer kan føre til orografisk nedbørforstærkning. At selv moderate bakker kan give signifikant lokal nedbørførøgelse, er tidligere blevet påvist i Susåundersøgelsen (Allerup, Madsen og Riis, 1981).

4.1.5 Sammenligning med standardværdier med fokus på lokale klimaforhold

Det månedlige og årlige korrektionsniveau for Samsø er sammenlignet med standardværdier for at undersøge, om gridmetoden fører til bedre overensstemmelse med de lokale klimaforhold.

Standardværdierne vist i tabel 4.11 repræsenterer et indlandsklima. Usikkerheden på dem er ca. 4 % af korrektionsværdierne gældende for alle månederne og året (Allerup, Madsen og Vejen, 1998).

Læforhold	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Y
friteksponerede (C)	53	53	45	29	16	13	12	12	13	17	29	48	27
moderat læ (B)	41	42	35	24	13	11	10	10	11	14	23	37	21
ideelt læ (A)	29	30	26	19	11	9	8	8	9	10	17	26	16

Tabel 4.11. Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner (%) for vindefekt og wettingtab. Læforholdene er defineret i tabel 5 (Allerup, Madsen og Vejen, 1998).

I tabel 20 er vist det månedlige og årlige korrektionsniveau for Tunø og Nordby samt afvigelsen i forhold til standardværdierne. Tunø er sammenlignet med standardværdier for A-stationer og Nordby for B-stationer.

På årsbasis afviger korrektionen ved Tunø kun lidt fra standardværdien, 16.5 % mod 16 %. Da middelværdien af læindeks er 20 henover perioden¹, er Tunø en atypisk A-station, der ligger på grænsen til at være en B-station, hvilket kan forklare, hvorfor de beregnede korrektioner er lidt højere end standardværdierne.

Den årlige værdi for Tunø dækker over store forskelle henover året, og vintermånederne - specielt februar - kommer ud med store afvigelser. Februar har en korrektion på 53.1 %, som er langt over standardværdien på 30 %. Bidraget til den høje korrektionsværdi kommer primært fra februar 1996, hvor 84 % af nedbøren faldt som sne, heraf hovedparten i en snehændelse med ret høje vindhastigheder. Som tidligere nævnt kompenseres der ikke nok for lævirkningen på nedbør, når der er østlige vindretninger. For eksempel var Tunøs læindeks på 20 i februar 1996, mens middelindeks for østlige vindretninger var 27. Hovedparten af sneen denne måned kom netop ved vind fra nordøst, hvor højdevinklen var 40, og generelt vil dette faktum føre til overkorrektion.

For lokalitet:		Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Året
Std-værdi (A)		8	8	9	10	17	26	29	30	26	19	11	9	16
Tunø	Korr%	8.0	7.5	8.5	9.0	16.5	26.1	22.6	53.1	28.4	13.7	9.9	9.2	16.5
	Diff.	0.0	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	0.1	-6.4	23.1	2.4	-5.3	-1.1	0.2	0.5
Std-værdi (B)		10	10	11	14	23	37	41	42	35	24	13	11	21
Nordby	Korr%	9.8	8.9	9.8	10.6	17.2	28.9	24.7	55.4	30.8	17.1	12.6	10.2	18.5
	Diff.	-0.2	-1.1	-1.2	-3.4	-5.8	-8.1	-16.3	13.4	-4.2	-6.9	-0.4	-0.8	-2.5

Tabel 4.12. Månedlige og årlige korrektionsniveau (korr%) for Tunø og Nordby i perioden juli 1989 til juni 2003. Desuden er vist forskellen mellem standardværdi og gridmetode i procent (diff.).

For Nordby ses en årlig korrektionsværdi på 18.5 %, hvilket er noget under standardværdien for B-stationer på 21 %. Med en middelværdi af læindeks på 14 for hele perioden² er Nordby lidt mere beskyttet for vinden end en typisk B-station. Der må derfor forventes en anelse lavere korrektionsværdier alene fordi vindhastigheden justeres vha. læindeks, men denne effekt kan ikke forklare hele forskellen til standardværdierne.

Der ses nogenlunde samme mønster som ved Tunø mht. vinternedbør: februar kommer ind med en korrektionsprocent 55.4 %, som ligger et pænt stykke over standardværdien, men overestimeringen er meget mindre end for Tunø. Forskellen kan dog ikke forklares med læforholdene alene.

Alt i alt viser resultaterne, at standardværdier bør anvendes med forsigtighed. Inddelingen i A-, B- og C-stationer er af gode grunde grov, og som det gennem eksempler er vist, så betyder læforholdene meget for, hvor stor en mængde nedbør, målerne er i stand til at opfange.

¹ Da serien for Tunø i en del af perioden er kompletteret med stationer med et lavere læindeks, bliver middelværdien af læindeks mindre end hvis den var beregnet for Tunø alene.

² Kompletterende data fra nabostationer i perioden med huller i nedbørserien trækker læindeks opad.

4.1.6 Analyse i forhold til dynamisk korrektion fra NOVA projektet

Analysens sigte er at sammenligne gridbaserede korrektioner for Samsø med dynamiske korrektioner fra NOVA projektet (Vejen, Madsen og Allerup, 2000 og 2001, Vejen, 2002). Der ses på månedlige og årlige korrektioner og fokuseres bl.a. på, i hvilken grad nedbørens type kan forklare eventuelle forskelle. Nedbørens type er veldokumenteret i perioden 1990-2001.

4.1.6.1 Årlig og månedlig korrektionsfaktor 1990-2001

I tabel 4.13 og figur 4.6 er det årlige korrektionsniveau ved Tunø og Nordby sammenlignet med nogle resultater fra 22231 Ødum i NOVA projektet (korrektioner for A- og B-stationer). Ved Tunø og Nordby er korrektionerne mindre, i flere tilfælde meget mindre, end de dynamiske korrektioner fra NOVA. For hele perioden ligger både Tunø og Nordby under de respektive dynamiske værdier.

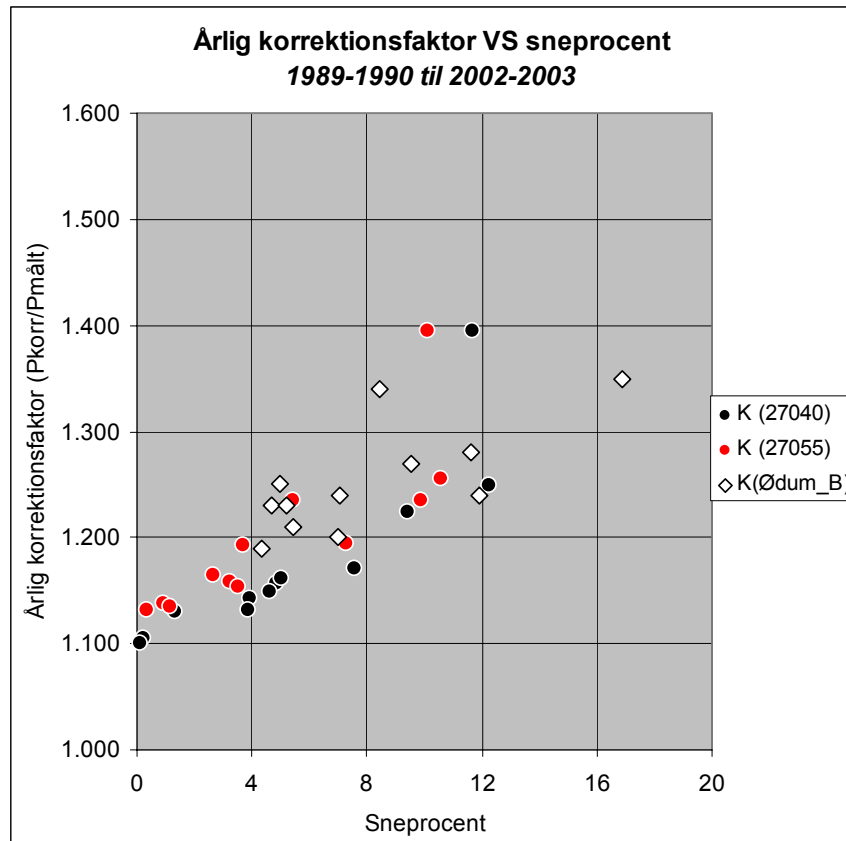
Enkelte år er værdierne for Tunø og Nordby dog større end NOVA tallene, især i 1996 der afviger mest i den ”gale retning” i forhold til NOVA. Det er påfaldende, at netop 1996 var det mest snerige år i perioden, og det er muligt, at brug af døgntemperatur i korrektionsberegningerne klassificerer for mange nedbørdøgn som sne og derved fører til for stor korrektion.

De fleste år er Tunøs korrektion som ventet mindre end Nordbys, da Tunø har mest læ. I 1995 er Tunøs korrektion dog størst, og i 1996 er den lig med Nordbys. Læforholdene varierer meget i perioden (figur 4.7), og det er tydeligt, at ingen af de to stationer har været rene A- eller B-stationer i perioden, dels fordi målerne er blevet flyttet, og dels fordi der i visse perioder er indsat data fra nabostationer. Dette medvirker til at forklare, hvorfor korrektionsniveauet i forhold til de dynamiske værdier ikke er 100 % entydigt. F.eks. havde de to stationer henover den snerige vinter 1995-1996 omtrent samme læforhold, og at læindeks lå på grænsen mellem A- og B-stationer, hvilket kan forklare, hvorfor Tunø og Nordby i 1996 har samme korrektionsniveau. Desuden havde Nordby³ frem til starten af 1996 noget mere læ end en typisk B-station, hvilket er med til at forklare, hvorfor den samlede korrektion på 19.4 % ligger så meget under NOVA værdien på 25 %.

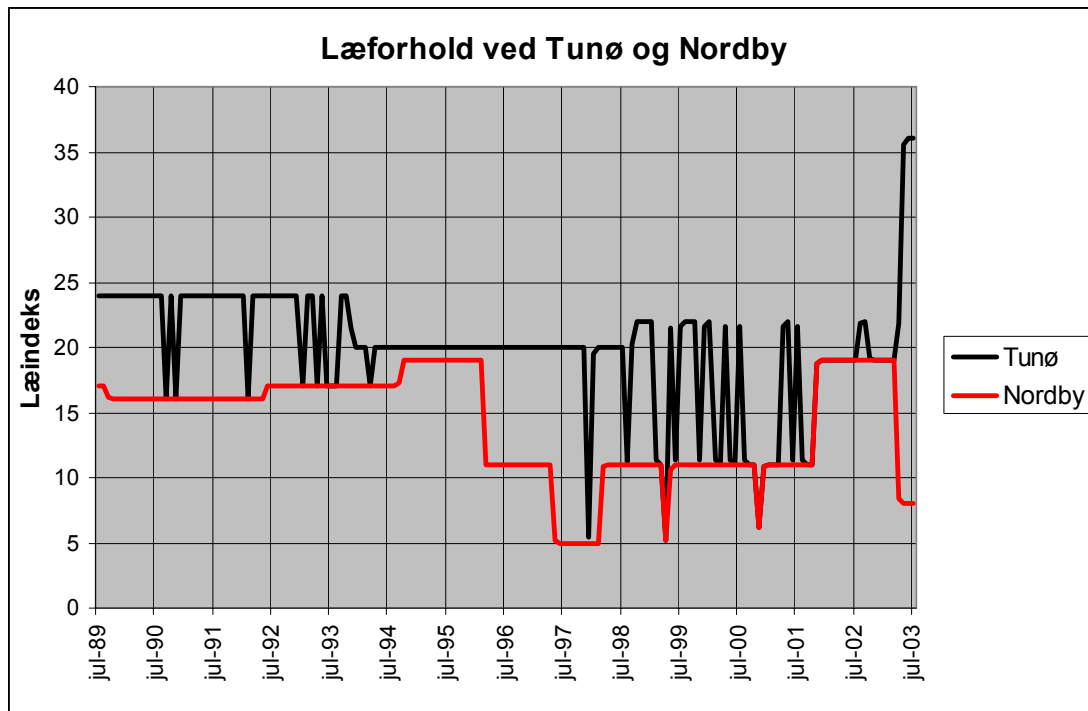
År	Tunø		Nordby		NOVA værdier		
	K-faktor	Snepct.	K-faktor	Snepct.	K (A-station)	K(B-station)	Snepct.
1990	1.105	0	1.132	0	1.19	1.25	5
1991	1.142	4	1.164	3	1.18	1.23	5
1992	1.101	0	1.138	1	1.18	1.23	5
1993	1.157	5	1.158	3	1.21	1.28	12
1994	1.171	8	1.194	7	1.20	1.27	10
1995	1.249	12	1.256	11	1.25	1.35	17
1996	1.395	12	1.395	10	1.23	1.34	8
1997	1.161	5	1.235	5	1.16	1.21	5
1998	1.149	5	1.193	4	1.18	1.24	7
1999	1.131	4	1.154	4	1.15	1.20	7
2000	1.130	1	1.135	1	1.15	1.19	4
2001	1.224	9	1.236	10	1.18	1.24	12
Middel	1.170	5	1.191	5	1.19	1.25	8

Tabel 4.13. Årlige korrektionsfaktorer og sneprocenter 1990-2001 (jan-dec) ved 27040 Tunø og 27055 Nordby, samt korrektionsfaktorer og sneprocenter for A- og B-stationer ved 22231 Ødum. Bemærk at perioden er kortere end i tabel 4.12, hvilket skyldes, at sneprocent ikke er beregnet efter 2001.

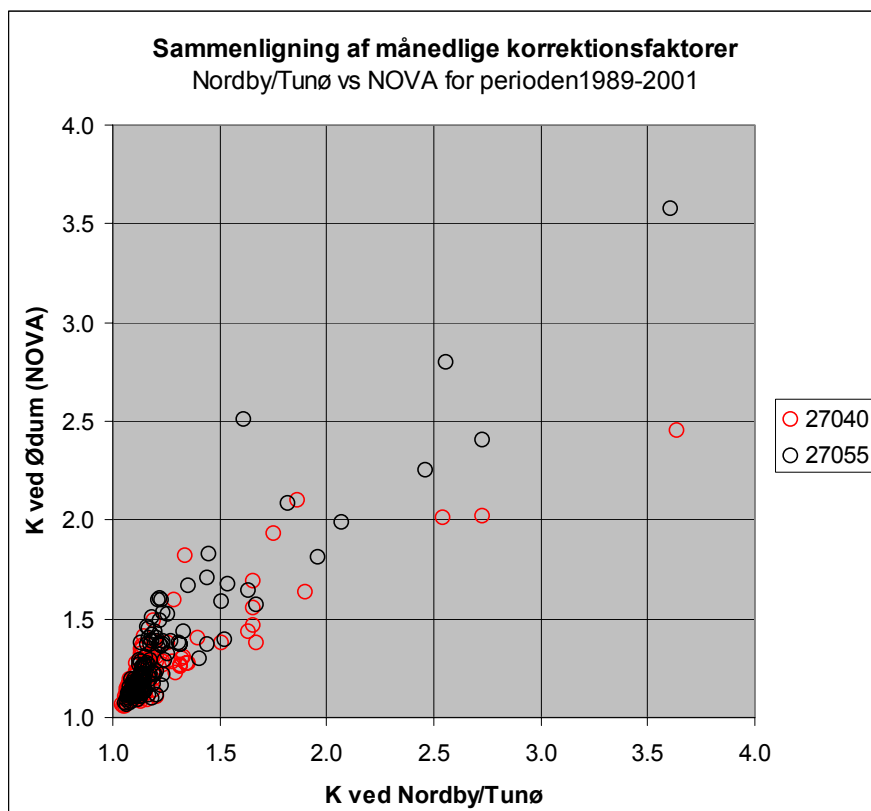
³ I virkeligheden er data i denne periode fra Langør/Kanhave.



Figur 4.6. Sammenligning af årlig korrektionsfaktor (1990-2001) med sneprocent ved 27040 Tunø, 27055 Nordby og 22231 Ødums dynamiske korrektionsværdi fra NOVA-projektet.



Figur 4.7. Variationer i læindeks ved 27040 Tunø og 27055 Nordby i perioden juni 1989 til juni 2003.



Figur 4.8. Månedlige korrektionsfaktorer ved 27040 Tunø og 27055 Nordby sammenlignet med korrektioner ved Ødum beregnet i NOVA projektet. Punkterne for Tunø er sammenlignet med værdier for en A-station, og for Nordby er der sammenlignet med værdier for en B-station.

Figur 4.8 viser det månedlige dynamiske korrektionsniveau ved Samsø stationerne i forhold til NOVA beregninger ved Ødum. Der er sammenlignet med korrektioner, der svarer til Tunø og Nordbys overvejende status som hhv. A- og B-station, og det kan udledes, at årlige korrektioner er sammensat at stor spredning på månedsbasis.

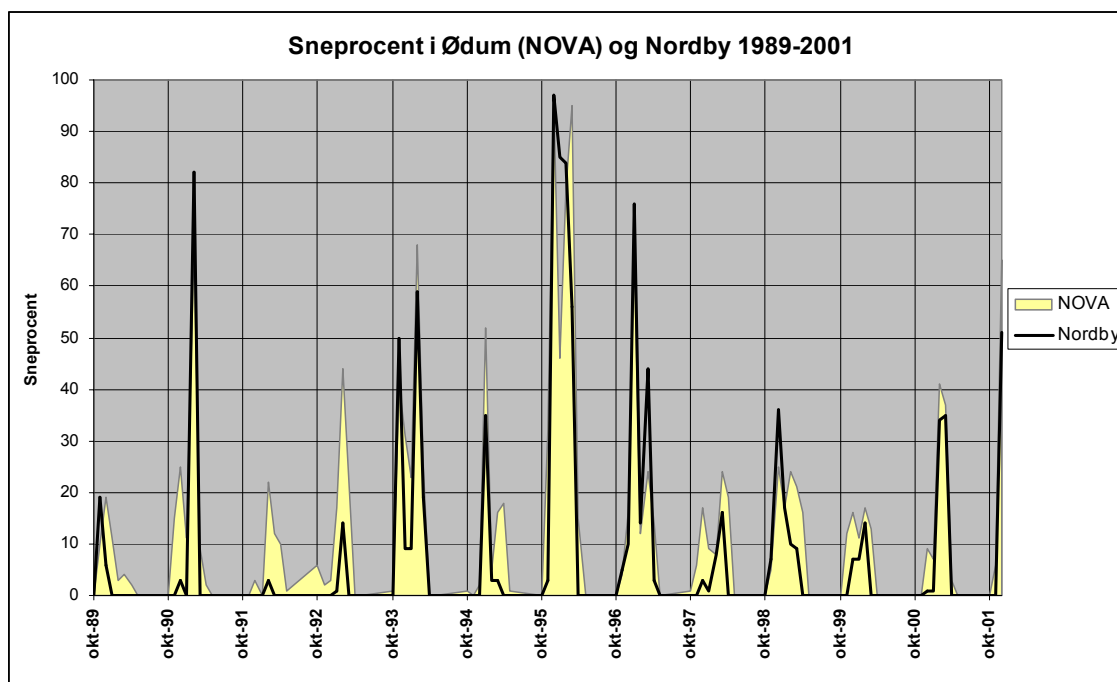
Det er dog tydeligt, at korrektionen ved Tunø og Nordby i langt de fleste måneder er mindre end ved Ødum. Spredningen vokser med korrektionsniveauet, givetvis fordi en gradvis større del af nedbøren er sne. Årsagen til at korrektionen i en del tilfælde er en anelse mindre end ved Ødum skyldes de tidligere nævnte variationer i læforholdene, der vanskeliggør en sammenligning.

I forhold til sneprocenten er korrektionsniveauet generelt højere ved Ødum end ved Tunø og Nordby, både på månedsbasis (tabel 4.14) og især årsbasis (tabel 4.13). Middelsneprocenten 1989-2001 er størst ved Ødum (NOVA) for alle måneder og er på årsbasis 8 % mod Nordbys 5 %.

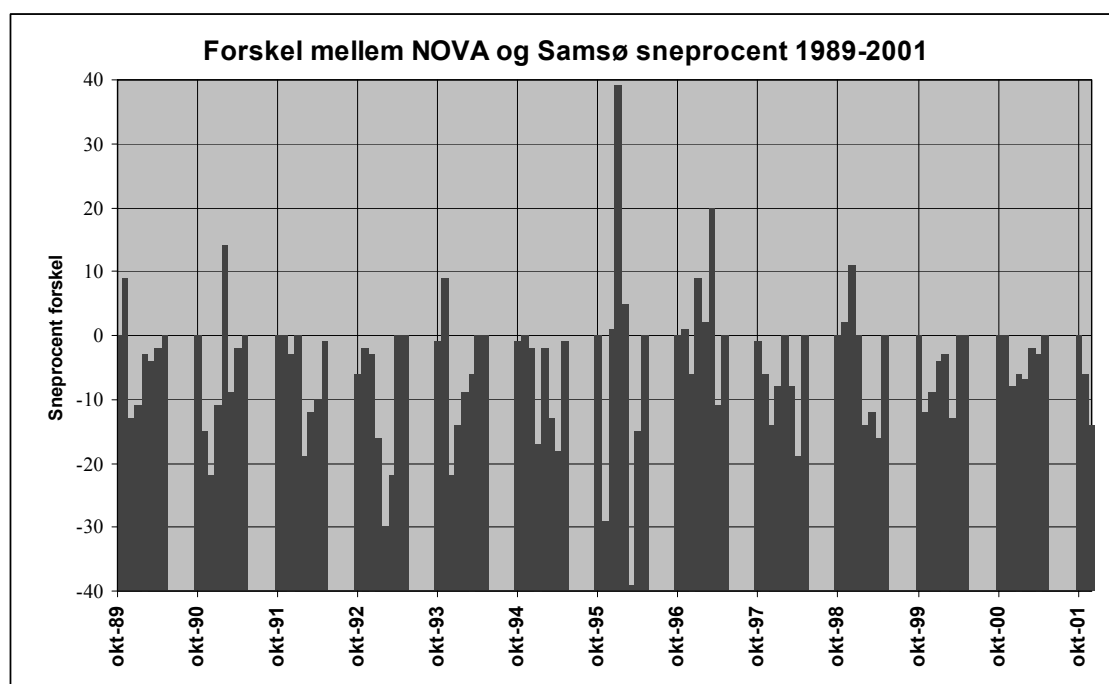
På månedsbasis (tabel 4.14) byder det snerige år 1996 på en overraskelse, da sneprocenten ved de samsøske stationer er større end ved Ødum. Det skyldes formentlig, at sneprocenten i NOVA primært blev bestemt ud fra *observationer* af nedbørstypen, mens procenten i nærværende undersøgelse er baseret på lufttemperatur. Forskellene er særlig tydelige, når der ses på sneprocenter i de enkelte måneder (figur 4.9 og 4.10).

juli 1989-juni 2001	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Året
Nordby grid	0	0	0	0	6	17	19	27	15	0	0	0	5
NOVA	0	0	0	1	10	25	23	33	25	8	0	0	8
Forskel	0	0	0	-1	-4	-8	-3	-6	-10	-8	0	0	-3

Tabel 4.14. Sneprocenter ved Ødum (NOVA-projektet) og Nordby (gridcelle 20107) i perioden 1989-2001.



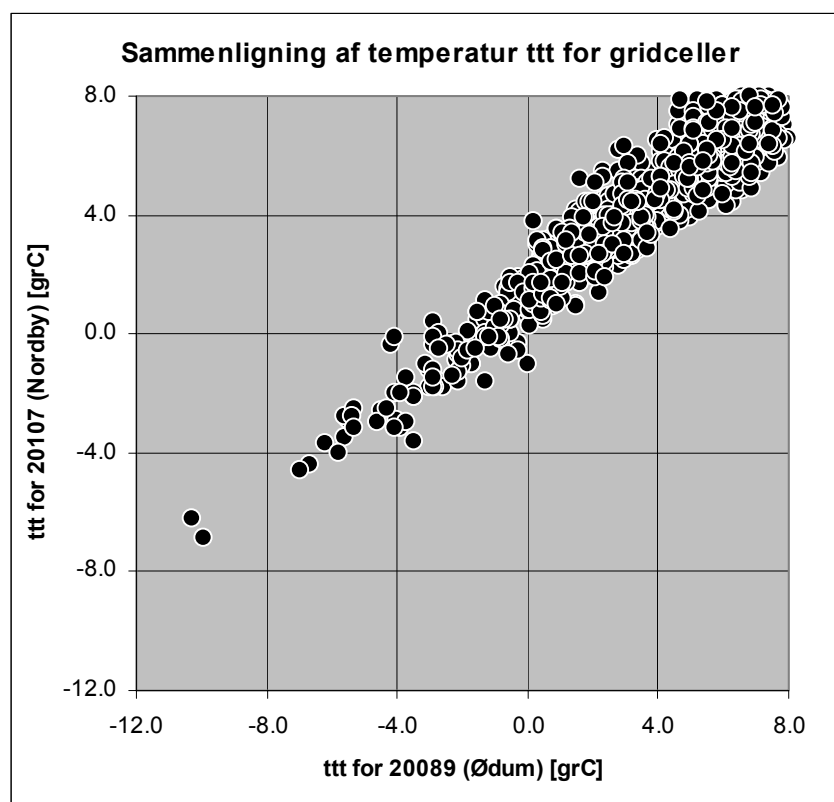
Figur 4.9. Månedlige variationer i sneprocent ved Ødum (NOVA) og Nordby.



Figur 4.10. Månedlige variationer i forskellen i sneprocent mellem Ødum (NOVA) og Nordby.

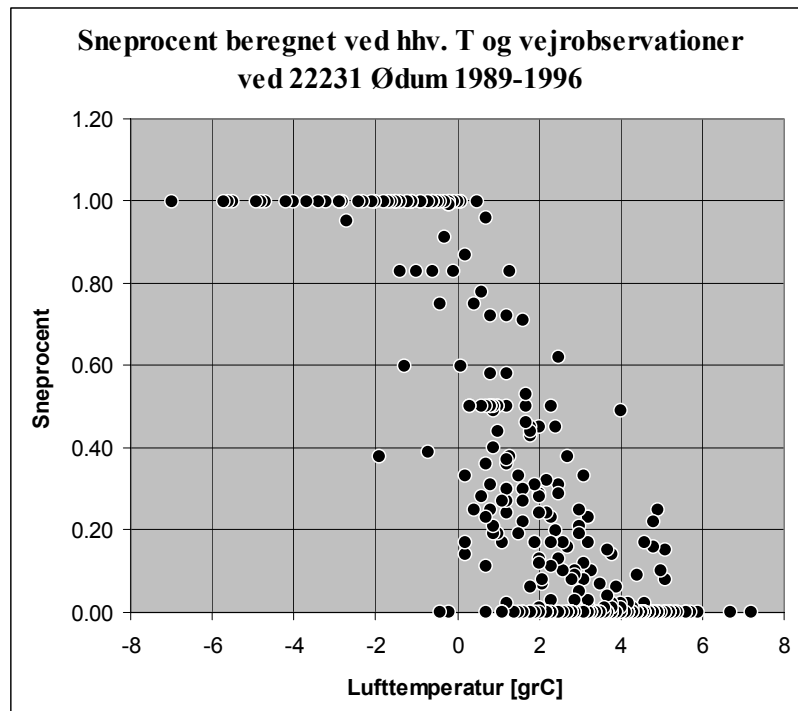
I de fleste perioder ligger Nordbys sneprocent under NOVA tallene (figur 4.9), men i enkelte vintre er der måneder, hvor Nordbys værdier ligger over Ødums. Figur 4.10 tydeliggør, hvilke perioder det drejer sig om, og især vinteren 1995-1996 springer i øjnene. Det er meget sandsynligt, at gridværdier af lufttemperatur i nogle tilfælde ikke er repræsentative for nedbørforholdene; det kan være katastrofalt, hvis nedbøren er faldet som regn, men døgntemperaturen fører til klassifikation som sne ved temperatur nær 0 °C. Det har ikke været muligt at bevise, om dette har været tilfældet.

Figur 4.11 viser, at gridtemperaturen ved Nordby i flere tilfælde har været mindre end ved Ødum i det kritiske interval mellem 0 °C og 2 °C samt under frysepunktet. Det er dog tydeligt, at det generelt er koldere ved Ødum. Spørgsmålet er, hvor sikkert sneprocenten kan bestemmes ud fra lufttemperatur. For at teste dette, er der sammenlignet daglige værdier af sneprocent ved Ødum bestemt ud fra hhv. vejrobservationer i NOVA projektet og gridværdier af lufttemperatur (figur 4.12). Sammenligningen dækker perioden 1989-1996 og omfatter bl.a. snevinteren 1995-1996.

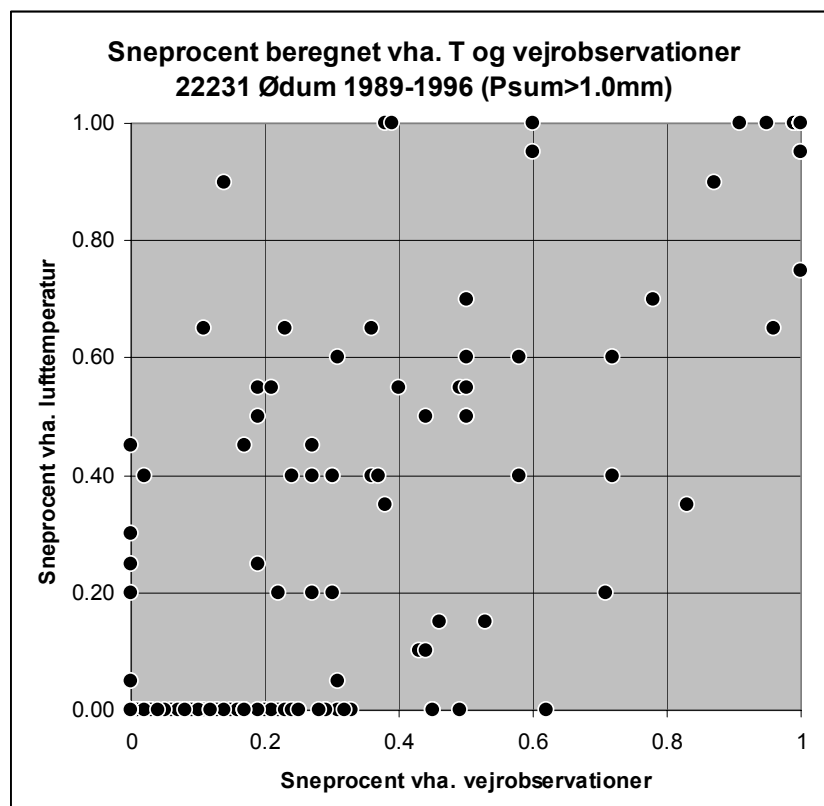


Figur 4.11. Sammenligning af daglige værdier af gridbaseret lufttemperatur ved Ødum og Nordby henover perioden juli 1989 til juni 2003.

Der tegner sig et markant billede af, at det er problematisk at bestemme sneprocent ud fra lufttemperatur alene; ved given temperatur ses meget stor spredning i sneprocent. Ved temperaturer under -2 °C og over 5 °C er sneprocenten entydigt bestemt, men ved de øvrige temperaturer er spredningen mellem vejrobservationer og lufttemperatur særdeles stor (figur 4.13). Her er procenten blevet sammenlignet for døgn med mere end 1 mm nedbør. Trods usikkerhed på vejrobservationer, turde det være givet, at sådanne er at foretrække frem for døgnmiddeltemperatur. Men når der ikke er andre muligheder, er gridværdiløsningen trods alt det bedste alternativ.



Figur 4.12. Sammenligning af sneprocent ved Ødum bestemt ud fra hhv. daglige vejrobservationer (NOVA-projektet) og gridværdier af lufttemperatur henover perioden 1989-1996.



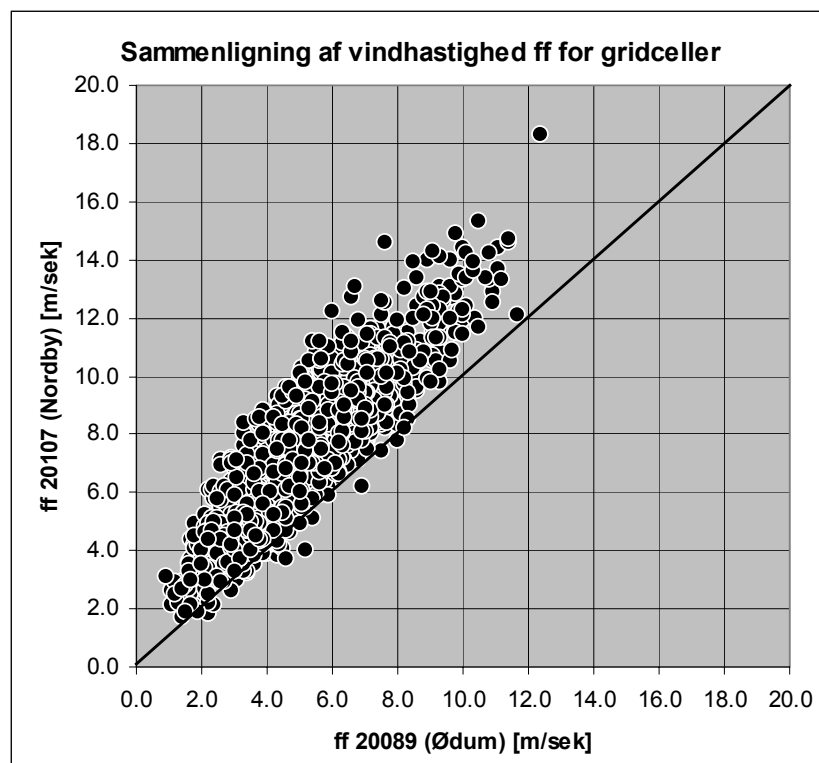
Figur 4.13. Sneprocent beregnet på basis af hhv. vejrobservationer (NOVA projektet) og gridbaseret lufttemperatur ved Ødum 1989-1996. Kun døgn med nedbørsum på og over 1 mm er medregnet.

4.1.6.2 Diskussion af regionale forskelles effekt på korrektionsniveau

Som tidligere nævnt er der to faktorer, der set i forhold til indlandet trækker korrektionsniveauet i kystregioner i to forskellige retninger:

- Lufttemperaturen er helt givet højere for et kystklima, hvilket som følge af færre snedøgn vil sænke korrektionsniveauet.
- Vindhastigheden er derimod større, hvilket øger korrektionen.

Da vindhastigheden har størst betydning for korrektionsniveauet, særlig for snedebør, kunne der argumenteres for en større effekt på nedbøren på Samsø sammenlignet med indlandet, men det er vanskeligt at bedømme den kombinerede effekt af temperatur og vind. Figur 4.14 viser en markant forskel mellem indland og kystregion i vindhastigheden, der er markant og systematisk størst ved Nordby.



Figur 4.14. Sammenligning af døgnværdier af lufttemperatur, som er beregnet vha. gridværdier ved Ødum og Nordby for perioden juli 1989 til juni 2003.

I tabel 4.15 er vist middelvindhastigheden ved Ødum og Nordby henover året og for året som helhed, både på basis af alle døgn og på døgn med nedbør. Det ses i tørre tal, at det blæser ca. 2 m/sek mere ved Nordby i forhold til Ødum, og yderligere 0.3 m/sek mere for nedbørdøgn. Tendensen ses hele året. Om vinteren kan en forskel på 2 m/sek have stor betydning, hvis der falder sne. Ergo er repræsentative vindmålinger et must. Det er på det foreliggende grundlag ikke muligt at afgøre, om det i selve nedbørperioden blæser mere eller mindre i forhold til hele døgnet.

I alle årets måneder er lufttemperaturen højere ved Nordby end Ødum, hhv. 8.8 °C og 7.9 °C, desuden har Nordby markant færre døgn med middeltemperatur under frysepunktet (tabel 4.16).

V for gridcelle	jan	feb	mar	Apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	ÅRET	
Alle døgn	20089 (Ødum)	5.1	5.4	5.1	4.4	3.8	3.8	3.5	3.6	4.0	4.5	4.6	4.4	4.3
	20107 (Nordby)	7.1	7.2	6.6	5.5	5.2	5.6	5.2	5.4	6.1	6.7	6.8	6.6	6.2
	Forskel	2.0	1.9	1.5	1.1	1.4	1.8	1.8	1.9	2.1	2.2	2.2	2.2	1.8
Døgn med nedbør	20089 (Ødum)	6.2	6.0	5.6	4.9	4.2	3.9	3.8	3.8	4.4	4.9	4.9	5.3	4.8
	20107 (Nordby)	8.5	8.0	7.2	6.2	6.0	5.9	5.9	6.0	6.7	7.3	7.2	7.6	6.9
	Forskel	2.3	2.0	1.6	1.4	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.3	2.1

Tabel 4.15. Middelvindhastighed for alle døgn og for døgn med nedbør ved Ødum og Nordby bestemt ud fra griddede værdier for perioden juli 1989 til juni 2003.

T for gridcelle	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	ÅRET
20089 (Ødum)	1.3	1.5	3.0	6.4	10.8	13.6	16.1	16.4	12.5	8.5	4.1	1.2	7.9
20107 (Nordby)	2.1	2.0	3.4	6.7	11.3	14.4	16.9	17.4	13.8	9.8	5.5	2.6	8.8
Døgn med T<0	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	ÅRET
20089 (Ødum)	9.9	10.4	5.1	0.4						0.2	2.8	10.1	38.9
20107 (Nordby)	7.6	8.5	2.4							0.8	5.4	24.7	

Tabel 4.16. Månedlig middeltemperatur og antal døgn med middeltemperatur under 0 °C ved Ødum og Nordby bestemt ud fra griddede værdier juli 1989 til juni 2003.

Den teoretiske betydning for det samlede korrektionsniveau af højere vindhastighed, men lavere lufttemperatur, er anskueliggjort i tabel 4.17. Her er korrektionsniveauet for gridcellerne 20087 (Ødum) og 20107 (Nordby) beregnet for hhv. sne og regn henover året. I korrektionen for sne er antaget en lufttemperatur på 0 °C, og for regn er benyttet statistiske værdier af regnintensitet (fra tabel 3.5). Effekten på korrektionsniveauet for sne er betydelig og er markant for både regn og sne. Da korrektionsmodellen forudsiger en eksponentielt stigende korrektionsfaktor, når vindeffekten vokser lineært, er det ikke muligt at bestemme den eksakte kombinerede effekt af det forskellige vind- og temperaturklima ved Ødum og Nordby.

Det mindre antal snedøgn og den højere temperatur under snedebør må antages at modvirke et højere korrektionsniveau på Samsø (tabel 4.17). Som resultaterne viser, er niveauet mindre på Samsø i forhold til indlandet, men hvis nedbørstypen henover det enkelte døgn er den samme som i indlandet, er korrektionen formentlig altid højest på Samsø pga. tendensen til højere vindhastigheder her.

Der tegner sig således en kompleks sammenhæng mellem korrektionsniveauet og de lokale klimaforhold.

K-faktor		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sne	Ødum	3.055	2.936	2.738	2.413							2.418	2.615
	Nordby	4.415	4.089	3.619	3.056							3.616	3.777
Regn	Ødum	1.114	1.107	1.101	1.083	1.062	1.053	1.046	1.048	1.061	1.077	1.083	1.094
	Nordby	1.156	1.142	1.129	1.105	1.086	1.077	1.069	1.072	1.091	1.112	1.122	1.133

Tabel 4.17. Beregning af korrektionsfaktor vha. vindhastighed fra tabel 23 reduceret til 1.5 m, lufttemperatur på 0 °C for sne og statistiske værdier af regnintensitet.

4.2 Diskussion

Grundlaget for beregningerne er modellen til korrektion af nedbørmålinger for vindeffekt og wetting. Det er dog endnu ikke bevist, om konstanterne i modellen for fast nedbør er repræsentative for nedbørklimaet i Danmark, herunder kystklimaet. Korrektionsmodellen er udviklet på basis af målinger i Finland, som har andre betingelser under nedbør end i Danmark: det er mere tørt, om end middeltemperaturen under sne omtrent lå på samme niveau som her i landet den tid, feltforsøget varede.

Sne der falder i kystnære egne indeholder mere fugtighed og er tungere og har formentlig en anden krystalstruktur end den sne, der falder inde over landet. Derfor er det muligt, at korrektionsprocenten derved bliver mindre end inde over landet.

Det ubesvarede spørgsmål er, hvor stor effekten heraf er. Spørgsmålet blev diskuteret i forbindelse med udviklingen af korrektionsmodellen for sne (WMO, 1998), men det lå udover mulighederne i dette projekt at give svar herpå og dertil udvikle en klimabetinget korrektionsmodel.

Den praktiske implementering af korrektionsmodellen i nærværende projekt anvender gridberegnete værdier af meteorologiske parametre. Mens værdierne for lufttemperatur må regnes for rimeligt pålidelige, er det straks vanskeligere at vurdere, om vindhastigheden er repræsentativ for forholdene under nedbør *ved selve nedbørmåleren*. WMO anbefaler, at vindhastighed- og lufttemperatur bliver målt ved nedbørstationen og i niveau med nedbørmåleren (WMO, 1998), men dette bliver kun gjort ved de færreste stationer. Desuden bør nedbørtypen bestemmes lokalt og primært på basis af observationer. Lufttemperatur må anvendes med forsigtighed, da resultaterne indikerer en for usikker bestemmelse af snemængden og korrektionsniveauet.

Det er meget vanskeligt at bestemme den lokale vindhastighed, dels fordi den skal beregnes i 1.5 m niveau uden at stabilitetsforholdene er kendte, og dels fordi der skal justeres for læforholdene omkring nedbørmåleren.

Der kan være stor usikkerhed forbundet med at korrigerer for læeffekt. Det skyldes, at der ikke findes nogen entydig måde at beskrive læforholdene på. Den vægtede middelhøjdevinkel giver kun et groft mål for læforholdene. Desuden afhænger lævirkningen ikke kun af læhøjden, men også af lægiverens type, altså om der er tale om huse eller kunstige læhegn, eller om der er tale om stedsegrøn eller løvfældende vegetation.

Hvis det er vegetation, så spiller også vegetationens tæthed ind, ligesom årstiden har betydning for, hvor effektivt et læ især den løvfældende vegetation kan udgøre. Da vegetationen ændrer sig systematisk henover tid, får dette også effekt for læforholdene. Og hvornår falder bladene af træerne?

Typisk varierer højdevinklen kompasset rundt, men også vindretningen kan variere betydeligt i løbet af en nedbørperiode. Samspillet mellem lægiverens lævne på den ene side og den kombinerede effekt vindhastighed, temperatur og nedbørtype på den anden ved den givne vindretning kan have stor betydning for korrektionsniveauet og i sig selv føre til stor usikkerhed.

I gridmetoden er lækorrektionen baseret på højdevinkler. Da disse ved Tunø og Nordby varierer en del i perioden og desuden afviger fra den ”normale” A- og B-station, fås der en systematisk afvigelse på korrektionsniveauet. Betydningen heraf er blevet beregnet.

Vha. standardværdier er Tunø serien forsøgsvis korrigeret, som om det var en A-station i hele perioden, selvom serien er sammensat af 72 % data fra Tunø, 21 % fra 27055 Nordby og 7 % fra 27070 Langør/Kanhave. Imidlertid er både 27055 og 27070 B-stationer, 27070 er endog en C-station i næsten et år. Hvis der tages højde for disse forskelle i lævirkning, bliver den korrigerede årsnedbørsum øget med 1.7 % til 667 mm. Så alene en justering af lækorrektionen kan sagtens resultere i en bedre afstemt vandbalanceberegning.

For Nordby er serien sammensat af 35 % fra Nordby selv og resten fra 27070. Nordby er en B-station i 93 % af tiden, og serien er forsøgsvis korrigeret som en sådan station vha. standardværdier. Hvis der tages højde for, at serien er sammensat af data fra to stationer, så skal den korrigeres som en B-station i 35 % af tiden og en C-station i resten. Korrigeret på denne måde fås en 2.1 % lavere standardkorrektion, nemlig 702 mm. Hvis der justeres for forskellen som for Tunø, ville resultatet blive en forbedring af vandbalancen.

Regneeksemplet illustrerer, at lange tidsserier ikke bør korrigeres, som om lækategorien i hele perioden har været konstant en A-, B- eller C-station. Der bør derimod tages højde for lækategorien, og endnu bedre læindeksværdien, i de enkelte tidsafsnit.

I gridberegningerne er anvendt de læparametre, der gælder for den station, der til enhver tid indgår i serien. Det ovenfor skitserede bidrager således ikke til usikkerheden på korrektionsberegningerne. Dog kan det diskuteres, hvor repræsentative sammensatte målinger er for den enkelte lokalitet.

Det gør en forskel, om vindhastigheden justeret vha. læindeks eller den grovere inddeling i læklasser. F.eks. var 27070 i perioden 2/5-1997 til 17/7-2000 klassificeret som C-station, og frem til 31/10-2001 som B-station. Men læindeks for de to perioder var hhv. 5 og 6, altså var stationen næsten en C-station. Det ville kun gøre en marginal forskel at korrigere vha. læindeks, hvorimod brug af læklasser kunne resultere i en mere markant fejl.

Hvis der skulle korrigeres effektivt for lævirkningen, ville det kræve adgang til mange oplysninger, det ikke er realistisk at detektere i praksis. Der foreligger ingen undersøgelser af, hvor stor betydning de enkelte læfaktorer har for usikkerheden på de korrigerede nedbørmængder. Resultaterne af nærværende undersøgelse peger på, at der her er en mulig forklaring på problemerne med at få vandbalancen til at gå op.

Endelig bygger indsættelse af data fra nabostationer ved datamangel på den antagelse, at nedbørniveauet i regionen i det store og hele er homogent. Dette holder næppe, bl.a. fordi der mellem Tunø, Nordby og Kanhave er forskelle i terræn og læforhold, hvilket ofte fører til ret forskellige nedbørmængder. Dog kan komplettering med nabodata til en vis grad forsvares ud fra det faktum, at nedbør her i landet for det meste falder som udbredt og forholdsvis jævnt fordelt nedbør i forbindelse med varmfrontpassager.

5. Potentielle metoder til forbedret beregning af korrektion

Groft taget kan der skelnes mellem to generelle metoder til beregning af korrigeret nedbørmængde:

- Dynamisk korrektion der tager højde for de meteorologiske forhold under nedbør.
- Korrektion vha. klimatologiske og årstidsafhængige standardværdier af nedbørkorrektion.

5.1 Problemer forbundet med dynamisk korrektion

Et grundlæggende problem ved praktisk korrektion af nedbør er, at ingen af de meteorologiske parametre bliver målt ved de manuelle nedbørstationer. Parametrene må derfor fremskaffes ad anden vej.

En metode er at skaffe parameterverdier ved interpolation fra omkringliggende vejrstationer, hvorefter værdierne indgår i beregning af en lokal korrektionsfaktor. Men da manuelle nedbørstationer kun giver nedbørsummen på døgnbasis og desuden mangler oplysninger om, hvornår nedbøren er faldet, er det ikke muligt ved interpolation at opfylde korrektionsmodellens krav om oplysninger om vejrforholdene *under nedbør*.

Det er muligt til en vis grad at komme ud over dette problem ved at beregne korrektionsfaktorer ved vejrstationerne og interpolere værdierne ud til hver enkelt manuel nedbørstation. Dette går godt, hvis korrektionen kan beregnes i mange punkter, og hvis nedbøren har været tilstrækkelig udbredt. Hvis der kun er få korrektionspunkter, eller hvis der kun er faldet lokal nedbør, kan det være vanskeligt at skaffe tilstrækkeligt grundlag for en sikker interpolationsberegning, da det ligger i modelforudsætningerne, at korrektionsfaktoren kun bør beregnes, hvis der er faldet nedbør.

For vindhastighed og temperatur er der principielt to løsninger på dette problem.

I den første løsning ignoreres korrektionsmodellens krav om målinger under nedbør, og korrektionsfaktoren bestemmes ud fra døgnværdier af de meteorologiske parametre. Da døgnværdier ikke nødvendigvis er repræsentative for nedbørhændelsen, byder denne metode på risiko for systematiske fejl på estimerne, f.eks. hvis opklaring og lave nattemperaturer får middelværdien af temperatur ned under 0 °C, så nedbøren korrigeres som om den var faldet som sne, eller hvis en frontpassage med mildere vejr får middeltemperaturen op over 0 °C, så sne korrigeres som regn.

I den anden løsning bestemmes tidspunktet for nedbør ved de manuelle nedbørstationer indirekte, enten ved interpolation af vejrtypedata eller på basis af vejrradardata. Bestemmelse af nedbørtidspunkt ud fra vejrtypedata kan give stor usikkerhed, specielt hvis nedbøren er faldet lokalt, og problemet er dermed tilbage ved udgangspunktet. Radardata kan i de fleste tilfælde detektere nedbørperioden med ganske god nøjagtighed, hvorefter beregning af parameterverdier under nedbør er triviel.

For regnintensitet er sagen straks vanskeligere. Da nedbør af natur er inhomogent fordelt i rummet, er det ingenlunde trivielt at interpolere intensiteten. Der er dog muligheder for at skaffe værdier:

- Værdien tages som årstidsafhængig klimatologisk værdi.
- Værdien tages fra nærmeste repræsentative vejrstation.
- Værdien tages som gennemsnit af flere repræsentative stationer.
- Værdien beregnes ved interpolation mellem nabostationer.
- Værdien beregnes ved at sammenholde nedbørsum med radarberegnet nedbørvarighed.

Hvilken løsning der vælges afhænger af det forhåndenværende datagrundlag.

5.2 Problemer forbundet med standardværdier

Brug af standardværdier til korrektion af nedbørmålinger kan give fejlagtige resultater de enkelte år, afhængig af hvor meget nedbørforholdene afviger fra middeltilstanden. Bedre korrektionsresultater burde derfor være mulige, hvis der tages hensyn til de meteorologiske forhold de enkelte år: altså en dynamisk korrektionsmetode.

Standardværdierne giver i kystnære egne systematisk for høje værdier. Det er desuden et åbent spørgsmål, hvor repræsentative standardværdierne er for det lokale nedbørklima i Danmark, da de er baserede på dataserier af begrænset længde: serier fra 12 klimastationer 1989-1996 (Allerup, Madsen og Vejen, 1998).

5.3 Potentielle forbedringer af korrektionsmetodik

Dynamisk korrektion har på månedsbasis været forsøgt i NOVA projektet (se bl.a. Vejen, Allerup og Madsen, 2000), men beregningerne var baserede på et begrænset antal indlandsstationer, hvilket førte repræsentativitetsrelaterede problemer med sig. Siden er mulighederne for nøjagtigere korrektionsberegning blevet forbedret:

- Vindhastighed, lufttemperatur, regnintensitet og nedbørtype måles i dag ved langt flere stationer og i højere tidsopløsning end tidligere.
- Der er flere og længere tidsserier af data til rådighed i højere tidslig og rumlig opløsning, f.eks. til brug for re-analyse til beregning af nyere og mere nøjagtige standardværdier.

Det øgede datamateriale åbner op for forbedrede korrektionsberegninger, både hvad angår standardværdier og daglige dynamiske korrektioner.

Trods mulighederne for forbedringer bør der også arbejdes videre på at komplettere korrektionsmodellen for fast nedbør, da modellen har visse begrænsninger:

- *Snefygning* kan forringe resultaterne betragteligt ved højere vindhastigheder, og der bør korrigeres for denne effekt.
- *Korrektionsniveauet for sne ved vindhastigheder >7 m/sek* er ukendt, da datasættet fra testfeltet i Jokioinen (Finland), som modellen for fast nedbør er baseret på, ikke indeholder sådanne værdier.
- *Lokale klimaforholds betydning* er ukendt, og det mangler at bliver undersøgt, om modellen for fast nedbør er repræsentativ for danske vejrforhold, og om de empiriske konstanter i modellen skal tilpasses lokale forhold.

Der er muligheder for at komme nærmere på en løsning på disse problemstillinger.

5.3.1 Forbedring af standardværdier

Der kan beregnes mere nøjagtige standardværdier på et datagrundlag, der er betydeligt større end i Allerup, Madsen og Vejen (1998). Det foreslås, at opdelingen i A-, B- og C-lækategorier forlades til fordel for håndtal som funktion af læindeks. Dette vil eliminere de repræsentativitetsproblemer, der er relaterede til den hidtidige grove opdeling i tre lækategorier.

5.3.2 Forbedring af korrektionsmodel for fast nedbør

Der er tidligere arbejdet på løsninger for snefygning i Rusland, men status kendes ikke. Der kan laves litteraturstudie og forespørgsler via relevante kontakter.

Der er mulighed for at udvide gyldighedsområdet for modellen for fast nedbør, idet indsamlingen af data ved testfeltet i Jokioinen er fortsat, så der nu er opsamlet 12 års vinterdata. Der er mulighed for at indlede et internationalt samarbejde på denne opgave.

Hvis betydningen af danske klimaforhold på korrektionsniveauet for fast nedbør skal testes, kræver det opstilling af et eller flere testfelter i Danmark.

5.3.3 Muligheder for udvikling af dynamisk korrektion

Som tidligere nævnt er der i dag mulighed for at beregne korrektionfaktorer i langt højere rumlig opløsning end tidligere. Det afgørende er, at den rumlige opløsning er øget for alle de parametre, der indgår i korrektionsmodellen.

Lækategorierne A, B og C bør i den forbindelse ikke benyttes, da de er alt for grove i forhold til de faktiske læforhold. Desuden bør brug af standardværdier nedtones.

Et system til beregning af daglige dynamiske korrektionsværdier stiller krav til data og skal være robust. Der skal være alternative datakilder til rådighed, hvis de primære data falder ud. Ideelle bør de meteorologiske parametre blive målt ved selve nedbørstationen. Dette er rent faktisk tilfældet for DMI's net af fuldautomatiske vejrstationer (V-98 stationer), hvoraf der er ca. 50. Herudover måler ca. 85 stationer regnintensitet og -mængde (SVK-stationer) i opløsningen 0.2 mm og 1 minut.

Da V-98 stationerne måler vindhastighed, temperatur, nedbørintensitet og vejrtype i tidsopløsningen 10 minutter, er der mulighed for at beregne lokale korrektionsfaktorer, som er baseret på forholdene *under nedbør*.

Korrektionsmodellen for fast nedbør er udviklet på basis af målinger hvert 10. minut. Der er lavet en analyse af modellens ydeevne ved dårligere tidsopløsning på basis af 6 års data: ved 3-timers opløsning afveg korrektionsniveauet med 4.5 % i forhold til 10 minutters opløsningen, som gav det korrekte niveau (Allerup, Madsen og Vejen, 1988, i WMO publikation).

Det nuværende forholdsvis store antal stationer giver mulighed for at beregne interpolerede korrektioner ved stationer, hvor nogle eller alle de nødvendige meteorologiske målinger mangler.

Vindhastighed, temperatur og vejrtype kan interpoleres til SVK nedbørstationerne for at beregne en lokal korrektionsfaktor, som er baseret på værdier under nedbør.

Der er et stort antal manuelle nedbørstationer, ca. 500, for hvilke det er ønskværdigt at beregne en lokal korrektionsfaktor. Dette er kun muligt, hvis der interpoleres vejrparametre på samme måde som for SVK stationerne samt skaffes oplysninger om, hvornår nedbøren er faldet. Tidspunkter for nedbør kan som nævnt skaffes vha. vejrradardata, hvorefter beregning af parametre under nedbør samt regnintensitet i princippet burde være en triviell opgave. Imidlertid bør der korrigeres for evt. fejlkilder på vejrradardata, inden de benyttes i analyserne.

Samlet skulle der være mulighed for at danne et forholdsvis stort antal punkter til beregning af daglige korrektionsværdier. Korrektioner bør beregnes for flere læklasser end kategorierne A, B og C.

Der er således forbedringer at hente, hvis der modsat tidligere praksis gøres følgende: der udvikles en ”her og nu” model, som gør brug af Samsø erfaringerne, og på længere sigt en dynamisk model, som udnytter data optimalt.

”Her og nu” modellen:

1. Vindhastighed og temperatur er griddede døgnmiddelværdier i opløsning op til $10 \times 10 \text{ km}^2$.
2. Regnintensitet er en årstidsafhængig klimatologisk værdi.
3. Nedbørtype og sneprocent bestemmes ud fra døgnmiddelværdi af temperatur.
4. Der inddrages informationer om læforhold (læindeks).

Denne model kan sættes i værk med en forholdsvis lille indsats. Ulemper er fejlkilder fra døgnmiddelværdi af vindhastighed og temperatur, der ikke repræsenterer forholdene under nedbør. Desuden er regnintensiteten ikke repræsentativ for det enkelte nedbørdøgn. Endelig er det risikabelt at udlede sneprocent fra døgnmiddelværdi af temperatur jfr. figur 2.1, da korrektionsniveauet i visse tilfælde kan blive meget for højt eller lavt.

Korrektionsniveauet beregnes ved nedbørstationer og den målte nedbør korrigeres. Herefter er der principielt to scenarier: (1) at nedbørserier korrigeres efter behov, eller (2) at der iværksættes korrektion af samtlige nedbørmålinger. I tilfælde af (2) kan der desuden beregnes korrigerede gridnedbørværdier ved interpolation.

Den forkromede model:

1. Der beregnes middeltemperatur *under nedbør*.
2. Der beregnes middelvindhastighed *under nedbør*.
3. Der måles eller beregnes regnintensitet.
4. Nedbørtype og sneprocent bestemmes vha. observationer.
5. Der inddrages informationer om læforhold (læindeks og højdevinkler).

Denne model kræver et større indsats, men fordelene vil være et mere sikkert estimat af korrektionsniveauet, specielt fordi nedbørtypen er nøjagtigere bestemt. Dette er af stor betydning jfr. figur 2.1. Parametrene 1-3 kan beregnes vha. data fra vejrstationer, der hvert 10. minut måler vindhastighed, temperatur, nedbørmængde, nedbørintensitet og nedbørtype.

Desuden kan der med indirekte metoder, som sammenstykker data fra flere kilder, beregnes parametre i langt flere punkter (manuelle nedbørstationer):

1. *Middeltemperatur og -vindhastighed under nedbør*: interpoleres vha. data fra vejrstationer (gridværdier). Nedbørtidspunktet skaffes fra vejrradardata.
2. *Regnintensitet*: beregnes vha. nedbørvarighed fra vejrradar og nedbørmængde fra manuelle nedbørstationer, samt vha. regnintensitet målt ved automatiske nedbørstationer.
3. *Nedbørtype og sneprocent*: interpoleres vha. data fra vejrstationer. Nedbørtidspunktet skaffes fra vejrradardata. På længere sigt kan nedbørtypen bestemmes vha. vejrradardata.

Der resterer dog at finde rimelige løsninger på nogle væsentlige problemstillinger. Hvordan forbedres korrektionen for læforhold? Hvordan sikres robuste beregninger i situationer, hvor der kun er faldet nedbør ved få stationer, og hvor konsekvensen kan være mangel på repræsentative meteorologiske observationer?

Der er hermed ridset nogle mulige veje op, og der bør arbejdes på konkretisering af delementerne for et beregningssystem, så nøjagtigere nedbørkorrektioner kan estimeres.

5.3.4 Korrektion af historiske data

Figur 5.1 viser en oversigt over, hvilket datagrundlag der er til rådighed til korrektion af historiske og fremtidige nedbørdata. Mulighederne for korrektion fremover er berørt i forrige underkapitel.

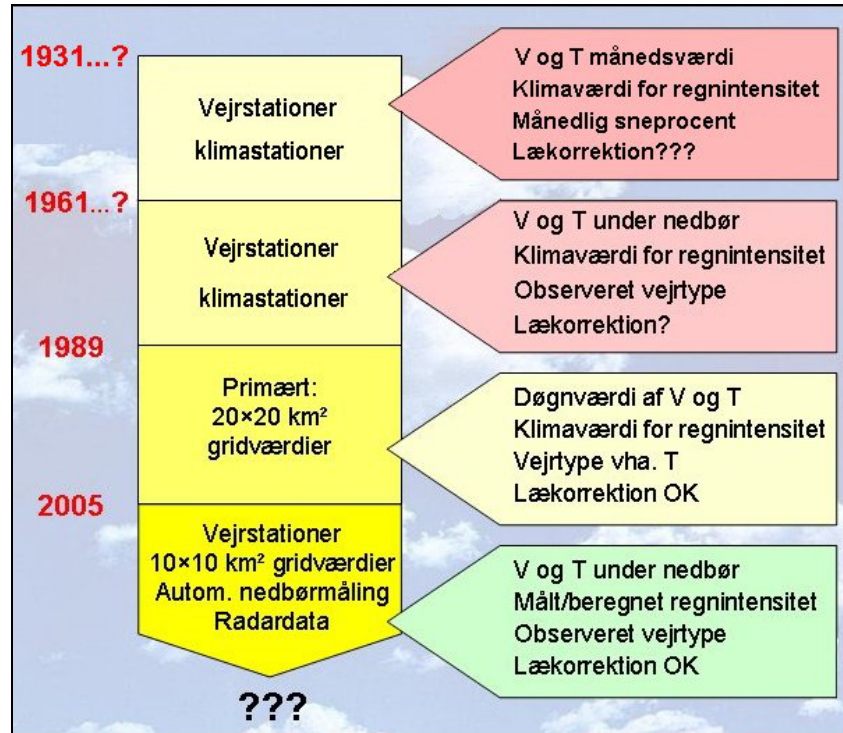
Tilbage til omkring 1989 foreligger der beregnede 20×20 km² gridværdier af vindhastighed og temperatur på døgnbasis, og der er læindeks for alle nedbørstationer. Vejrtype bestemmes ud fra døgn temperatur, mens regnintensitet er givet ved en årstidsafhængig klimatologisk værdi. Dette er den tidligere skitserede ”her og nu” model, og vha. denne kan der beregnes daglige dynamiske korrektioner tilbage til 1990. For 1989 foreligger der dog *ikke* gridværdier af vindhastighed, så her må døgnværdien tages fra nærmeste vejrstation, med mindre der ønskes iværksat gridberegning. Alle nedbørmålinger vil kunne korrigeres med ”her og nu” modellen.

Før 1989 er mulighederne gradvis vanskeligere, jo længere tilbage der ønskes korrigeret. Det er usikkert, hvor komplet læforholdene ved nedbørstationerne er beskrevet langt tilbage i tiden.

Tidsopløsningen på data fra vejr- og klimastationer, som bl.a. måler vind, temperatur og vejrtype, bliver gradvis dårligere tilbage i tiden, men er dog ved de fleste stationer på 8 observationer dagligt. Tilbage i tiden er der dog færre stationer. Det gør det sværere at beregne repræsentativ middelværdi under nedbør af vindhastighed og temperatur samt sneprocent.

Digitalt er data fra vejrstationer (synop-stationer) tilgængelige tilbage til starten af 1950’erne, men i begrænset antal, i alt 11 stationer i starten. For manuelle klimastationer er der adgang til digitale data tilbage til 1872, i starten dog kun én station med målinger 3 gange i døgnet, og i 1931 kun 11 stationer.

Dette gør, at selvom korrektionsniveauet vil kunne beregnes ved vejr- og klimastationer en vis årrække tilbage i tiden, vil dette være med stigende usikkerhed, dels usikkerhed på selve estimatet via den ringere tidsopløsning, og dels usikkerhed på korrektion af nedbørstationer, fordi der skal ekstrapoleres i et stadig tyndere stationsnet. Desuden øges repræsentativitetsproblemerne tilbage i tiden, f.eks. når de nærmeste vejr- og klimastationer ikke har fået nedbør.



Figur 5.1. Datagrundlag for korrektion af historiske nedbørdata.

Da lange tidsserier af nedbørmålinger i mange sammenhænge er interessante, bør der gennemføres et studie af, hvor langt tilbage i tiden, det vil kunne lade sig gøre at få de gamle data i spil til beregning af korrektionsværdier.

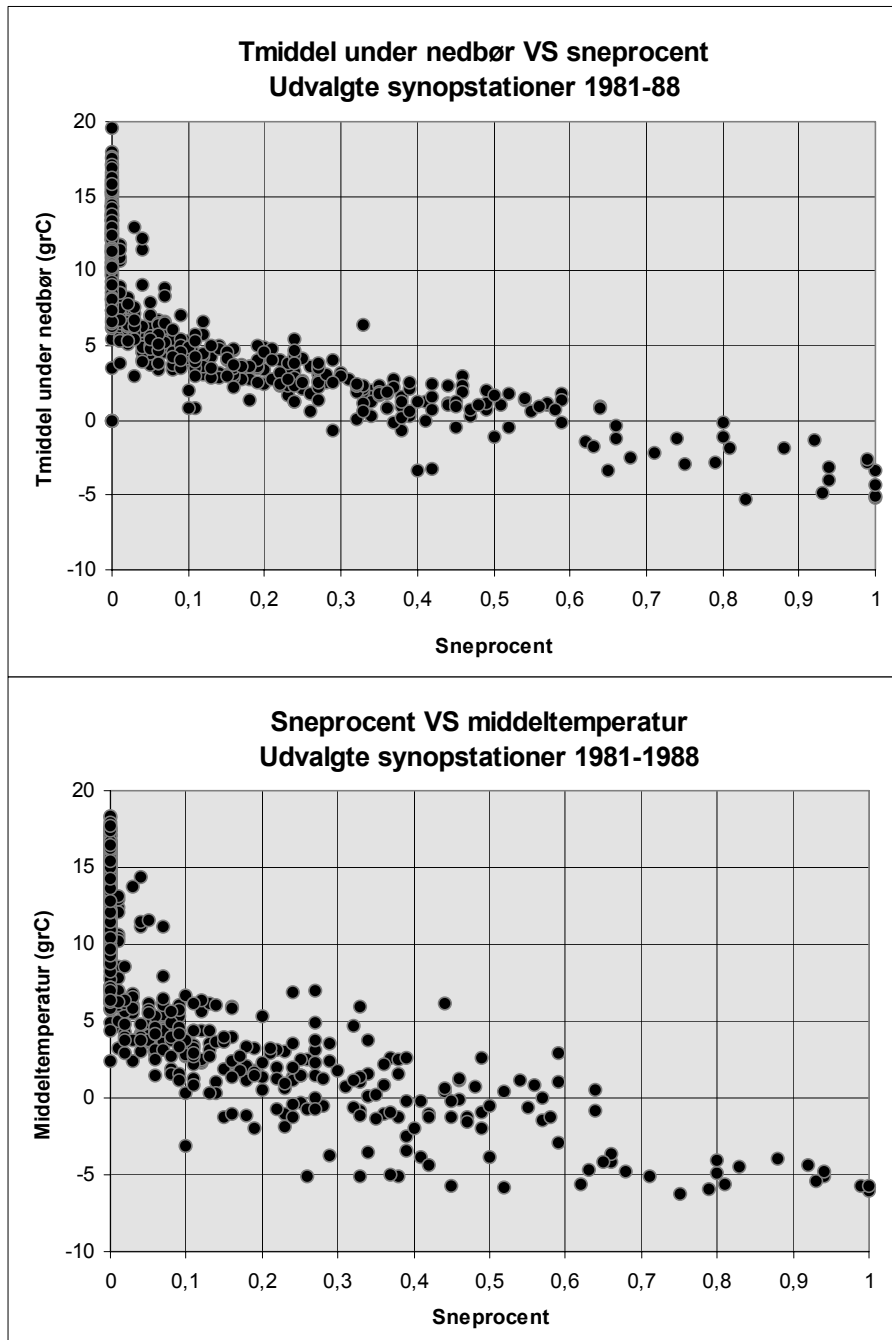
Årene før 1989 skal gennemgås mht. vejrforhold, læforhold, meteorologiske parametre og datagrundlag, såsom antal stationer og målefrekvens. På baggrund heraf vurderes mulighederne for at beregne korrektionsniveauer tilbage i tiden.

Da det ser ud til, at beregning af daglige korrektioner kun bør gøres for et begrænset åremål, kunne et alternativ være at korrigere på *månedsbasis* ved at kombinere standardværdier med månedernes samlede sneprocent og vindforhold. Nærværende studie viser netop, at det er meget afgørende at kende de korrekte vind- og nedbørforhold.

Figur 5.2 viser et eksempel på, hvordan denne ide kunne tænkes ført ud i praksis. Der ses empiriske relationer mellem månedlig middeltemperatur og sneprocent for et antal synopstationer 1981-1988⁴. Temperaturen er beregnet som hhv. middel under nedbør og døgnmiddel. Sneprocenten er fremkommet ved at se på, hvor meget nedbør der er faldet som flydende, blandet og fast nedbør henover en måned. Nedbørtypen et givet tidspunkt bliver bestemt ved at sammenholde observationer af vejrtype⁵ og lufttemperatur. Nedbørtypen er angivet med vejrkode, men i tilfælde hvor koderne ikke angiver nedbørtypen entydigt, er temperaturen taget til hjælp.

⁴ Aalborg Lufthavn, Flyvestation Tirstrup, Billund Lufthavn, Flyvestation Skrydstrup, Odense Lufthavn og Roskilde Lufthavn (her har det dog mht. nedbørens art været nødvendigt at supplere med data fra omkringliggende stationer).

⁵



Figur 5.2. Sammenligning mellem månedlige værdier af sneprocent og middeltemperatur beregnet hhv. under nedbør og for døgnnet.

Det gør en meget stor forskel, om temperaturen er beregnet som middel under nedbør eller som døgn gennemsnit. Beregninger under nedbør giver en mere præcis beskrivelse af sneprocent som funktion af temperatur. Spredningen i sneprocent er stor selv i små temperaturintervaller, men figurerne viser, at det bør være muligt at etablere relationer mellem temperatur, sneprocent og standardkorrektion på månedsbasis. Samme øvelse bør også gennemføres for månedlig vindhastighed.

Da det er i vinterhalvåret, at de store måned til måned variationer i korrektionsniveauet indtræffer, må udvikling af en sådan metodik forventes at medvirke til at mindske disse variationer. Dermed vil også usikkerheden på korrektion vha. standardværdier blive reduceret.

Spørgsmål er, i hvor høj grad sådanne relationer har gyldighed tilbage i tiden som følge af klimavariationer. Datagrundlagets udtynding tilbage i tiden, både hvad angår stationstæthed, målehyppighed og observationsteknik, gør test af gyldighed til en vanskelig opgave. En teknik er at teste, om de betydende parametre såsom temperatur og vindhastighed har undergået signifikante klimavariationer, hvilket kan gøres for et forholdsvis begrænset antal stationer.

Et andet spørgsmål er, om datagrundlaget er tilstrækkeligt til at beregne sådanne forfinede standardværdier. Detaljerede data er til rådighed tilbage til 1989, men det bør undersøges, om det er muligt at benytte data fra vejrstationer længere tilbage i tiden. Da beregning af månedlige standardværdier er baseret på daglige korrektioner, er kravet til data, at dette skal kunne lade sig gøre med tilstrækkelig. Desuden skal dataperioden være tilstrækkelig lang til, at der kan etableres månedlige relationer for korrektionsniveau, vindhastighed, temperatur og sneprocent.

Beregningsmetodikken kunne testes på resultater for perioden 1989 til nu, fordi disse kan agere facitliste. Der skal dog samtidig sikres uafhængighed mellem de data, der ligger til grund for udvikling og test af metoden.

Figur 4.3, der viser årlig korrektionsfaktor som funktion af sneprocent, samt figur 5.2 giver grund til at antage, at det kan lade sig gøre at udvikle en forfinet anvendelse af månedlige standardværdier.

De nuværende standardværdier gælder på landsplan, men som resultaterne for Samsø viser, kan lokale forskelle i klima føre til systematiske fejl i korrektionsberegningerne. Det bør derfor også undersøges, om der kan beregnes statistiske sammenhænge, som er specifikke for de enkelte landsdele.

6. Konklusion

6.1 Resultater

Baggrunden for denne undersøgelse er, at korrektion af nedbørmålinger på Samsø vha. standardværdier fra Ødum (indlandsdata) for perioden 1989-2003 har givet systematisk for høje værdier (Thomsen og Bitch, 2004). Dette problem blev forsøgt løst ved at beregne dynamiske korrektionsværdier for Samsø i en ”griddynamisk korrektionsmodel”, der anvender daglige værdier af vindhastighed og temperatur, samt læindeks og klimatologisk regnintensitet. Resultaterne, der er sammenlignet med hidtidige beregninger fra *månedlige standardværdier og døgnjusteret korrektion* (standardværdier tilpasset temperatur) fra Thomsen og Bitch, er vurderet vha. fire tests.

Test 1: sammenligning med hidtidige beregninger

Grundvandsdannelsen sker primært i november til marts. Da det er for sne, de højeste korrektionsværdier forekommer, er bestemmelse af nedbørtype afgørende for det resulterende estimat af grundvandsressourcer. I gennemsnit er mængden af vinternedbør ved Tunø og Nordby hhv. 270 og 312 mm (korrektionsprocent 26 og 41).

Generelt giver standardværdier store tal og korrigerer snefattige vintre til et for højt niveau, men snerige til et for lavt. I snerige vintre giver gridmetoden meget større korrektioner end døgnjustering og standardværdier, men for de regnrigeste vintre er niveauet næsten det samme for døgnjusteret og griddynamisk metode. Behovet for at inddrage aktuelle vejrdata er åbenbart. Om sommeren er metoderne i de fleste tilfælde i øvrigt enige.

På årsbasis afviger korrektionen ved Tunø kun lidt fra standardværdien, 16.5 % mod 16 %. Da middelværdien af læindeks er 20 henover perioden, er Tunø en lidt atypisk A-station, hvilket kan forklare, hvorfor korrektionerne er lidt højere end standardværdierne. Der kompenseres ikke nok for lævirkningen på nedbør ved østlige vindretninger.

For Nordby ses en årlig korrektionsværdi på 18.5 %, hvilket er noget under standardværdien for B-stationer på 21 %. Med en middelværdi af læindeks på 14 for hele perioden er Nordby lidt mere beskyttet for vinden end en typisk B-station. Der må derfor forventes en anelse lavere korrektionsværdier alene fordi vindhastigheden justeres vha. læindeks, men denne effekt kan ikke forklare hele forskellen til standardværdierne. Gridmetoden giver på årsbasis resultater langt under standardværdierne og kun 19 mm over døgnmetoden.

Test 2: sammenligning med nettonedbørberegninger og vandbalance

Vha. Daisyberegninger af nettonedbør og lysimetermålinger ved Tunø er den resulterende vandbalance som følge af gridmetoden valideret i forhold til de to andre metoder. For Tunø gav døgnmetoden generelt en underestimeret nettonedbør, og månedsmetoden gav kun let forhøjede værdier. Gridberegningerne har ikke ændret ved dette billede; der er nu en let overestimering.

På Tunø er læforholdene mod øst bedre end læindeks, hvorfor der specielt ved sne og østlig vind fås systematisk for høje korrektioner. Dette slår igennem i det samlede resultat og en justering for dette forhold vil antagelig give lavere nettonedbør for Tunø og bedre overensstemmelse mellem målinger og beregninger. For Nordby kan der ikke på samme måde peges på specifikke faktorer som forklaring på, hvorfor gridmetoden fører til en vis overestimering af nettonedbøren. På den anden side er det ikke givet, at lysimetermålingerne er repræsentative for Nordby, da klimaet på Tunø ser ud til at være mere tørt end i Nordby.

Test 3: sammenligning med resultater fra NOVA

Det meste af perioden er korrektionerne ved Nordby og Tunø mindre end de dynamiske korrektioner fra NOVA, men enkelte år er værdierne større end NOVA tallene. Det er muligt, at døgntemperatur klassificerer for mange nedbørdøgn som sne og fører til for stor korrektion.

Korrektionen ved Tunø og Nordby er i langt de fleste måneder mindre end ved Ødum. Spredningen vokser med korrektionsniveauet, antagelig fordi en gradvis større del af nedbøren er sne. Der tegner sig et billede af, at det er problematisk at bestemme sneprocent ud fra lufttemperatur alene.

Test 4: vurdering i forhold til lokale klimaforhold

Det er vanskeligt at bedømme den eksakte kombinerede effekt af forskelle i vind- og temperaturklima mellem Ødum og Nordby. Det mindre antal snedøgn og den højere temperatur under snedebør på Samsø i forhold til Ødum bevirker et lavere korrektionsniveau, men den generelt højere vindhastighed på Samsø, også under sne, virker modsat. Resultaterne viser dog, er niveauet er mindre på Samsø i forhold til indlandet, men i situationer hvor nedbørtypen er den samme som i indlandet, er korrektionen formentlig altid højest på Samsø. Der tegner sig således en kompleks sammenhæng mellem korrektionsniveauet og de lokale klimaforhold.

-

Det er en kilde til usikkerhed på beregningerne, at der er anvendt griddede døgnmidler af vindhastighed og temperatur, klimatologiske regnintensiteter og læindeks, der ikke til fulde kan repræsentere *forholdene under nedbør ved selve nedbørmåleren*. Desuden findes der ikke nogen entydig måde at beskrive læforholdene på, som kan tage højde for årstidsvariationer, vindretning og systematiske ændringer over tid i lævirkningen. Resultaterne af undersøgelsen peger på, at der her er en mulig generel forklaring på problemerne med at få vandbalancen til at gå op.

Alt i alt viser resultaterne, at standardværdier bør anvendes med forsigtighed. Inddelingen i A-, B- og C-stationer er for grov, da læforholdene betyder meget for, hvor stor en mængde nedbør, målerne opfanger.

6.2 Anbefalinger med henblik på forbedrede korrektionsberegninger

Mht. til at nå frem til mere realistiske korrektionsberegninger, kan der dels peges på ændring af nuværende praksis og dels på forbedring af selve korrektionsmodellen. I forhold til tidligere kan der beregnes korrektioner i højere rumlig opløsning, og der foreslås to niveauer af dynamisk korrektion:

- En ”her og nu” model, som er baseret på Samsø erfaringerne:
 - Brug af daglige $10 \times 10 \text{ km}^2$ gridværdier af vindhastighed og temperatur.
 - Indikation for nedbørtype vha. daglig temperaturværdi.
 - Klimatologisk regnintensitet.
 - Der korrigeres for læeffekt vha. læindeks.
- En mere kompleks model som mindsker betydningen af fejlkilderne i ”her og nu” modellen:
 - Der beregnes middeltemperatur og -vindhastighed *under nedbør*.
 - Der måles eller beregnes regnintensitet.
 - Nedbørtype og sneprocent bestemmes ud fra observationer.
 - Der korrigeres for læeffekt vha. læindeks og/eller højdevinkler.

Der foreslås to scenarier: (1) at nedbørserier korrigeres efter behov, eller (2) at der iværksættes korrektion af samtlige nedbørmålinger.

”Her og nu” modellen kan sættes i værk med en forholdsvis lille indsats. Det er en fejlkilde, at data ikke repræsenterer forholdene under nedbør, men modellen vil efter alt at dømme give et mere realistisk korrektionsniveau, særlig i forhold til aktuelle nedbørtype.

Den forkromede model kræver et større indsats, men fordelene vil være mere sikre estimater, især fordi nedbørstypen er nøjagtigere bestemt. Beregning af parameterværdier *under nedbør* er mulig ved kombination af data fra vejrstationer, nedbørstationer og vejrradardata, hvor radardata kan give oplysninger om nedbørtidspunkt og -varighed og hvor meteorologiske parametre bliver målt hyppigt ved et stort antal fuldautomatiske vejrstationer. På længere sigt kan nedbørstypen også fås fra vejrradardata.

Der refterer dog at finde rimelige løsninger på nogle væsentlige problemstillinger. Hvordan forbedres korrektionen for læforhold? Hvordan sikres robuste beregninger i situationer, hvor der kun er faldet nedbør ved få stationer, og hvor konsekvensen kan være mangel på repræsentative meteorologiske observationer?

Af øvrige forbedringer anbefales det at genberegne standardværdier, da datagrundlaget i dag er betydeligt større end i Allerup, Madsen og Vejen (1998). Det foreslås, at de gives som funktion af læindeks og ikke A-, B- og C-lækategorier for at eliminere fejlkilder ved denne inddeling.

Kravene til datagrundlag gør, at ”her og nu” modellen og den forkromede model højst kan korrigeres tilbage til 1989. Længere tilbage i tiden bliver mulighederne for at korrigeres pålideligt gradvis vanskeligere, men det bør undersøges, hvor langt tilbage i tiden gamle data kan bringes i spil uden at sætte kravene til pålidelighed over styr. Der foreslås en mere sofistikeret anvendelse af standardværdierne:

- Der etableres månedlige relationer mellem standardkorrektion, lufttemperatur og sneprocent.
- Der etableres månedlige relationer mellem standardkorrektion og vindhastighed.

Resultaterne af nærværende studie viser, hvor stor forskel det kan gøre at indarbejde vind- og vejrforhold beregningerne, og forslaget udspringer af et ønske om at mindske usikkerheden på brugen af månedlige standardværdier. Det bør undersøges, i hvor høj grad sådanne relationer har gyldighed tilbage i tiden, og om der kan etableres relationer, der er specifikke for de enkelte landsdele.

Da der er udestående på selve korrektionsmodellen for fast nedbør, foreslås der litteraturstudie og forespørgsler vedr. status på håndtering af snefygning. Desuden foreslås det at arbejde på at udvide gyldighedsområdet for korrektionsmodellen for fast nedbør, da der ved testfeltet i Jokioinen er opsamlet 12 års vinterdata mere i forhold til det oprindelige datamateriale. Endelig foreslås der et studie af, hvilken betydning danske klimaforhold har på korrektionsniveauet for fast nedbør. Dette indebærer et eller flere testfelter.

Der er således præsenteret en vifte af forslag til forbedringer. Næste skrift bør være at vurdere disse i forhold til behov, ressourcer og muligheder for gennemførelse på såvel kortere som længere sigt.



7. Litteratur

Allerup, P., og H. Madsen (1979): Accuracy of Point Precipitation Measurements. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers, No. 5., København 1979, 84p.

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

Allerup, P., H. Madsen og J. Riis (1981): Nedbør. Suså undersøgelsen. Dansk komité for hydrologi, Rapport nr. Suså H1, 90p.

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, Tech. Rep. No. 98-10, Copenhagen.

Høgh-Schmidt, K. (1983): Lokal- og mikroklima. 1: Grundtræk af klimatologien. DSR Forlag, Landbohøjskolen, København 1983.

Madsen, H., og P. Allerup (1976): Regnintensiteter for Karup, Kastrup, Skrydstrup og Værløse, 1959-1974. DMI, internt notat.

Rambøll (2005): Nordsamsø – Resultat af nye nettonedbørberegninger. Notat nr. 1, projekt Nordsamsø, Rambøll Danmark A/S. 4p.

Scharling, M. (1999): Klimagrid – Danmark. Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning, 20×20 km² og 40×40 km². Metodebeskrivelse. Danish Meteorological Institute, Techn. Rep. 99-12, Copenhagen 1999. 48 p.

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

Thomsen, R., og K. Bitsch (2004): Forslag til justering af standardværdierne for nedbørkorrektion. Notat, Århus Amt, Natur og Miljø, N&M Grundvand. 22p.

Vejen, F. (1994): Udvikling af model til korrektion af fast nedbør. Indledende databehandling. Danish Meteorological Institute, Technical Report, No. 94-25, Copenhagen 1994, 81 sider.

Vejen, F., P. Allerup og H. Madsen (1998): Korrektion for fejlkilder af daglige nedbørmålinger i Danmark. Danish Meteorological Institute, Tech. Rep. No. 98-9, Copenhagen.

Vejen, F., H. Madsen og P. Allerup (2000): Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør. Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer. 1989-1999. Danish Meteorological Institute, Technical Report No. 00-20, Copenhagen 2000, 53p.

Vejen, F., H., Madsen og P., Allerup (2001): Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør. Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer i 2000. Danish Meteorological Institute, Technical Report No. 01-09, Copenhagen 2000, 17p.

Vejen, F. (2002): Korrektion for fejlkilder på måling af nedbør. Korrektionsprocenter ved udvalgte stationer. Foreløbige tal for 2001. Danish Meteorological Institute, Technical Report No. 02-08 Copenhagen 2000, 16p.

WMO (1998): WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison. WMO/TD - No. 872. (ed. Goodison, B. E., Louie, P. Y. T. and Yang, D.).