

APPENDIX-SAMLING

APPENDIX A1

Analyse af klimadata

A1 KLIMA OG VANDBALANCE

A1.1 Analyse af klimadata

I standardversionen af Daisy udgøres de drivende vejrdato af en tidsserie af døgnværdier af globalstråling, lufttemperatur og nedbør. Ved Daisy-beregninger bør denne tidsserie principielt være målt på den lokalitet, hvor beregningerne ønskes udført. Imidlertid måles globalstråling kun på relativt få vejstationer rundt omkring i landet. Måling af temperatur er noget mere udbredt, medens nedbør måles i et udbredt system af målestationer. Ved Daisy-beregninger for en given lokalitet vil man derfor kun rent undtagelsesvis kunne benytte en vejrdatoserie fra en bestemt vejstation, men er henvist til at sammenstykke sin dataserie fra flere stationer. Principielt kan denne sammenstyknng foregå på to måder enten ud fra nærhedsprincippet, dvs globalstråling, temperatur og nedbør hentes fra de nærmeste stationer, eller ud fra interpolation, hvor data fra alle de nærliggende stationer indgår. Sidstnævnte procedure har den fordel, at den ikke er meget følsom for nedbrud/udfald af enkelte målestationer. En ulempe er, at interpolationsproceduren udjævner ekstremer, hvilket må forventes at have størst betydning for nedbøren, der er den rumligt mest variable af de krævede klimavariabler. Interpolation er anvendt i forbindelse med DMI's klimagrid (Scharling 1998, 1999). Globalstråling og lufttemperatur er tilgængelige fra de såkaldte 20 km grid, medens nedbøren også er tilgængelige fra 10 km grid.

Anvendelse af griddato ved standardiserede Daisy-beregninger har fordele, nemlig at datagrundlaget er veldefineret og nemt tilgængelige. Der er dog også ulemper, nemlig at interpolationsproceduren udjævner nedbøren, heraf følger at nedbørsfordelingen ændres, hvilket kan have indflydelse på simuleringsresultaterne.

For at vurdere betydningen af at anvende griddato er der udført en sammenligning mellem resultater opnået med stationsdato og resultater opnået med griddato. De vejstationer og klimagrid, der er udvalgt til at indgå i sammenligningerne er angivet i Tabel A1.1.

Tabel A1.1 Udvalgte vejstationer og klimagrid.

	Sønderjylland		Fyn		Sjælland	
	Station	Klimagrid	Station	Klimagrid	Station	Klimagrid
Globalstråling/temperatur	Jydevad	20048	Årslev	20111	Taastrup	20165
Nedbør	Jydevad	10155	Årslev	10401	Taastrup	10565

Griddato er hentet fra de klimagrid, hvor de respektive vejstationer er beliggende. Data fra Jydevad- og Årslev-stationen indgår i de interpolationsprocedurer for de respektive klimagrid, mens dette ikke er tilfældet for Taastrup-stationen. Endnu en forskel er, at nedbøren på Taastrup-stationen er målt ved jordoverfladen i modsætning til de øvrige vejstationer, hvor målingen er foretaget i 1.5 m's højde. Sidstnævnte har selvsagt betydning for nedbørskorrektionerne.

Sammenligning af globalstråling, temperatur og nedbør.

I tabel A1.2 er globalstråling, lufttemperatur og nedbør opgjort for perioden 1-4-1991 til 31-3-2000.

Tabel A1.2 Årlige værdier af globalstråling [W/m^2], lufttemperatur [$^{\circ}C$] og ukorrigeret nedbør [mm] opgjort for perioden 1-4-1991 til 31-3-2000.

	Jydevad			Årslev			Taastrup		
	Stat.	Grid	Forh.	Stat.	Grid	Forh.	Stat.	Grid	Forh.
Globalstråling	112	112	1.00	115	115	1.00	112	114	1.02
Temperatur	8.5	8.4	0.99	8.3	8.4	1.01	8.2	8.4	1.02
Nedbør	930	840	0.90	699	717	1.03	650	619	0.95

For globalstråling og temperatur er afvigelserne mellem stationsdata og griddata af størrelsen 1-2%. For Jydevad og Årslev er dette en naturlig konsekvens af, at stationsdata indgår med megen stor vægt i beregning af griddata. Den væsentligste forskel mellem data er i disse tilfælde, at opgørelsesperioden for døgnværdierne følger døgnnet for stationsdatas vedkommende, medens opgørelsen i klimagriddet er fra kl. 8.00 til 8.00 den følgende dag. Tidsstemplet for griddata er datoen for afslutningen på opgørelsesperioden, dvs. at der her er tilnærmelsesvis tale om en forskydning på 1 døgn mellem stationsdata og griddata. Korrelationen mellem døgnværdier fra stationsdata og griddata, forskudt 1 døgn, er givet i Tabel A1.3. Det bemærkes, at korrelationen mellem griddata og stationsdata ikke er væsentlig ringere for Taastrup, hvor der reelt er tale om uafhængige observationer. Det bemærkes yderligere, at afvigelsen mellem lokaliteterne kun ligger indenfor et par procent i middel.

Tabel A1.3 Relation mellem døgnværdier griddata (y) og stationsdata (x): $y=a+bx$ (griddata forskudt 1 døgn). Data fra perioden 1-4-1991 til 31-3-2000.

	Globalstråling [W/m^2]			Temperatur [$^{\circ}C$]		
	$a \pm \epsilon_a$ †	$B \pm \epsilon_b$ †	R^2	$a \pm \epsilon_a$ †	$b \pm \epsilon_b$ †	R^2
Jydevad	1.3 ± 0.1	0.9956 ± 0.0007	0.998	0.05 ± 0.03	0.987 ± 0.003	0.971
Årslev	1.1 ± 0.1	0.9938 ± 0.0008	0.997	0.12 ± 0.03	0.991 ± 0.002	0.979
Taastrup	3.2 ± 0.4	0.9921 ± 0.0026	0.976	0.28 ± 0.03	0.988 ± 0.002	0.971

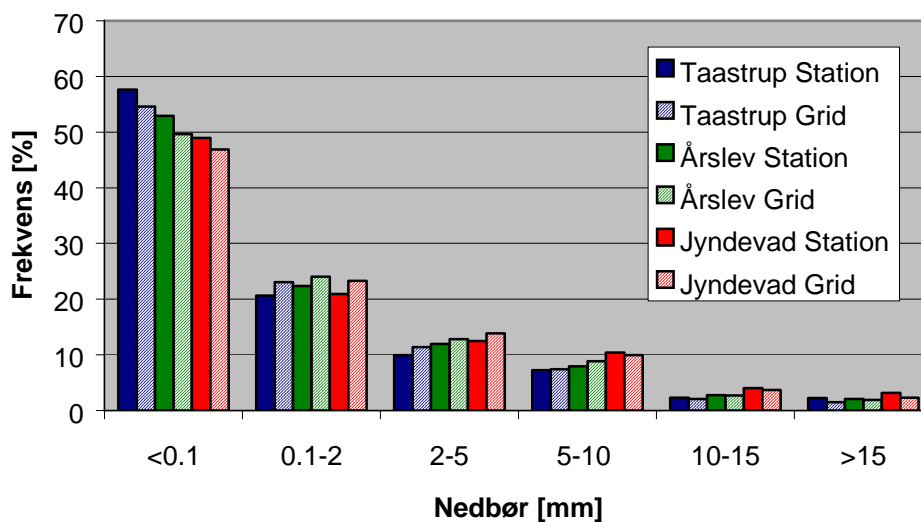
† Standard fejl på estimat

I modsætning til globalstråling og temperatur udviser nedbøren en ganske betydelig variation mellem lokaliteterne og også mellem stationsdata og griddata, med undtagelse af Årslev data, hvor forskellen mellem grid og station kun er ca. 3 procent.

I Fig. A1.1 og Fig. A1.2 er nedbørsfordelinger sammenlignet. Nedbørsdage er grupperet i intervaller (<0.1 mm, 0.1-2 mm, 2-5 mm, 5-10 mm, 10-15 mm og >15 mm) og nedbørsfordelingen er opgjort som relativt antal nedbørsdage i hver gruppe (Fig. A1.1) og relativ nedbørsmængde i hver gruppe (Fig. A2.2).

På Fig. A1.1 ses det højeste antal nedbørsfrie dage ($P < 0.1$ mm) i den tørre del af landet, i.e. i Taastrup og modsvarende færrest nedbørsfrie dage i Jydevad. For alle lokaliteter ses, at der er observeret færre nedbørsfrie dage i forbindelse med griddata end i forbindelse med stationsdata. Endvidere optræder der systematiske forskelle mellem stationsdata og griddata.

Fig. A1.2 viser også forskelle mellem stationsnedbør og gridnedbør. Mest markant er forskellen i den mængde nedbør, der falder i forbindelse med store nedbørshændelser, her defineret som en døgnnedbør større end 15 mm.



Figur A1.1 Sammenligning af fordeling af nedbørsdage. Data fra perioden 1-4-1991 til 31-3-2000.

Betydningen for Daisyberegninger af de her identificerede forskelle mellem stations- og gridnedbør er vurderet ved at gennemføre beregninger for de seks tidsserier af vejrdata i kombination med tre vegetationstyper og tre jordtyper. De udvalgte vegetationstyper er dyrkning af kontinuert vårsæd (vårbyg), dyrkning af kontinuert vintersæd (vinterhvede) og en permanent græs, hvor der høstes slæt afhængig af vækstvilkårene. De tre vegetationstyper afspejler således spektret vegetationsdække. De tre modeljorde er en grovsandet jord, (JB1 fra Jydevad), en fin lerblandet sandjord (JB4 fra Foulum) og fin sandblandet lerjord (JB6 fra Rønhave). Jordfysiske data er hentet fra Djurhuus et al. 1999 og Jakobsen 1989.

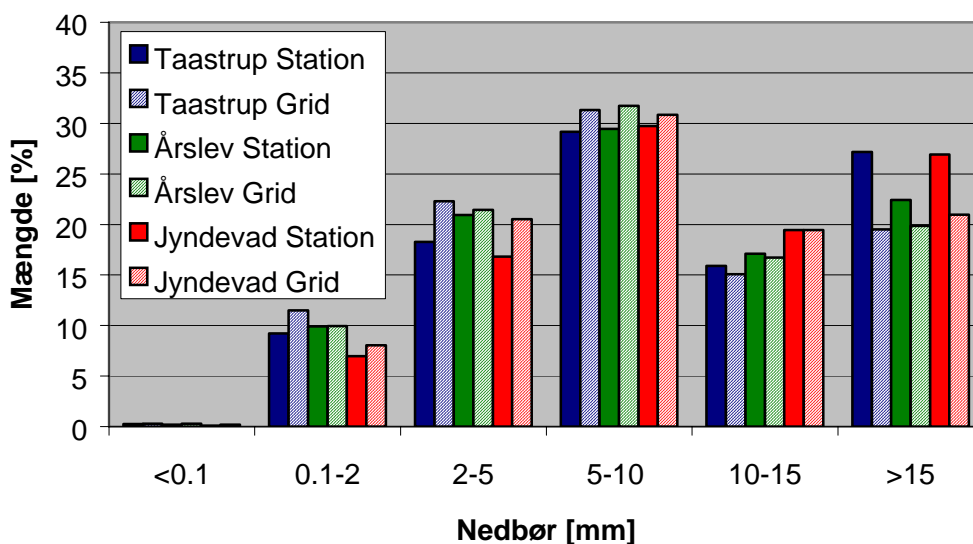
A1.2 Modelberegninger af vandbalancen

A1.2.1 Simuleringsperiode og klimadata

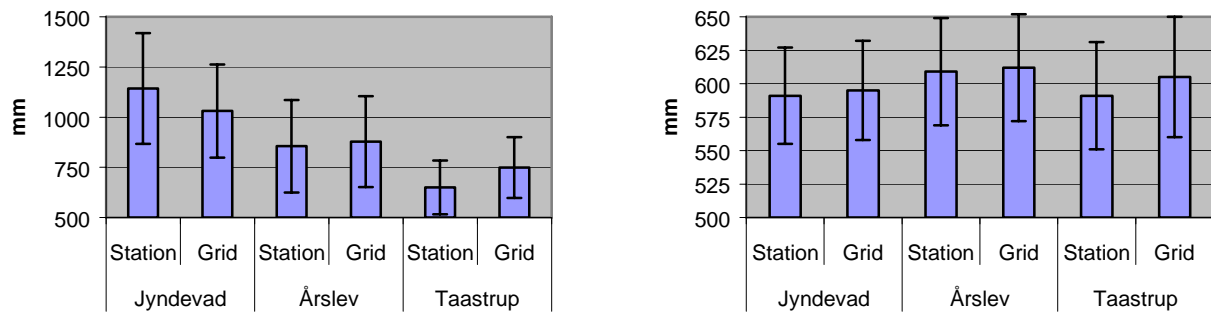
Modelberegningerne er baseret på vejrdata for perioden 1/1-1991 til 31/12-2001. Som opvarmningsperiode er anvendt 1/1-1986 til 31/12-1990. For Taastrup og Jyndevad stationer er vejrdata målt i hele opvarmningsperioden, mens vejrdata for Årslev station kun er målt fra 1/1-1987. Griddata starter alle 1/1-1990, så for disse stammer vejrdata for opvarmningsperioden fra 1/1-1992 til 31/12-1995. Data fra simuleringerne er opgjort for hydrologiske år fra 1/4 til 31/3 i perioden 1/4-1991 til 31/3-2001.

I Fig. A1.3 (venstre) er vist 10-års gennemsnit med tilhørende standardafvigelse for nedbøren. For Årslev er der overensstemmelse mellem station og grid, mens nedbøren for Jyndevad grid er betydelig mindre end for Jyndevad station. Det bemærkes at begge datasæt er korrigeret med samme faktorer. For Taastrup station er nedbøren som allerede nævnt ukorrigeret, mens nedbøren for Taastrup grid er korrigeret. Den relative forskel mellem nedbørsdata fra station og grid er for Taastrup den største af de her betragtede nedbørserier.

Der er anvendt korrektionsfaktorer for læklasse B, moderat beskyttet, som angivet af Allerup et al., 1998.



Figur A1.2 Sammenligning af fordeling af nedbørsmængder på nedbørsdage. Data fra perioden 1-4-1991 til 31-3-2000.



Figur A1.3 10-års gennemsnit af nedbør (venstre) og referencefordampning (højre). Variation mellem årene er givet ved ± 1 standardafvigelse.

Tilsvarende er 10-års gennemsnit og standardafvigelsen for reference fordampningen beregnet efter Makkink vist i Fig. A1.3 (højre). Såvel reference fordampningen som standardafvigelsen udviser kun ringe forskelle mellem stationer og grid.

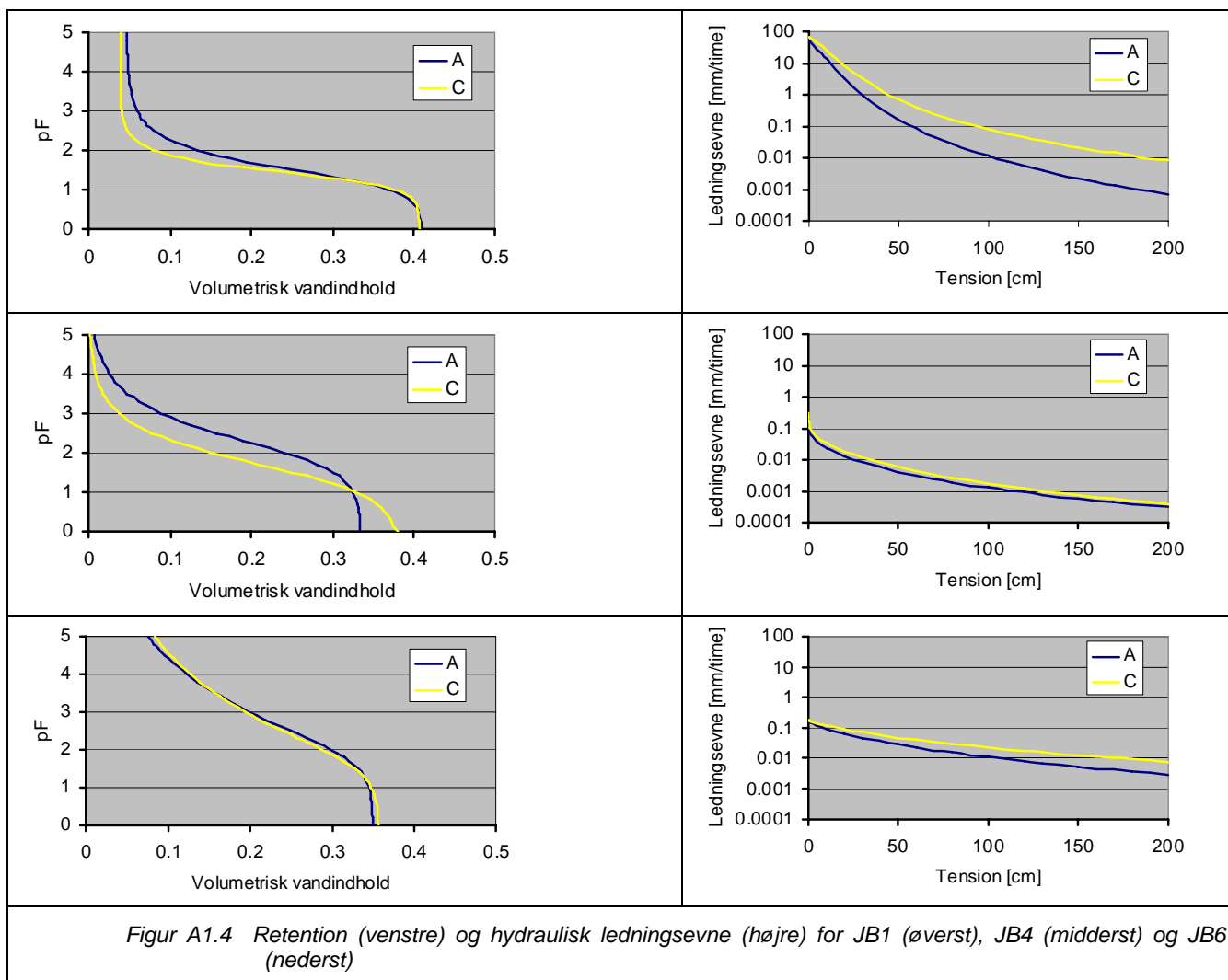
A1.2.2 Modeljordenes hydrauliske egenskaber.

Retentionsdata og hydraulisk ledningsevne for JB4 jorden er hentet i Jacobsen,1989, og repræsenterer egentlig en enkeltstående stikprøvemåling. JB1 jorden og JB6 jorden stammer fra Djurhuus et al.,1999, hvor målingerne omfatter 57 enkeltprøver for hver jordtype.

På basis af disse 57 enkeltprøver er retentionskurven og hydraulisk ledningsevne fastlagt som geometriske middelværdier. De resulterende hydrauliske funktioner repræsenterer således effektive parametre gældende for de marker hvor enkeltprøverne blev udtaget. På baggrund af data for den effektive retentionskurve er van Genuchten-parametre bestemt med $m=1-1/n$ (Mualem).

Den grovsandede JB1 jord antages ikke at have makroporer, derimod antages de mere lerede jorde, JB4 og JB6, at have makroporer. Mættet hydraulisk ledningsevne for JB6 jorden er derfor tilpasset således, at umættet hydraulisk ledningsevne ved $pF=2$ er uændret i forhold til de oprindelige data. Maksimal roddybde er for JB1, JB4 og JB6 jordene sat til henholdsvis 60 cm, 100 cm og 100 cm.

I Fig. A1.4 er de anvendte retentionskurver og hydrauliske ledningsevner for de 3 modeljorde vist. I modeljordene er retentionskurver og ledningsevnekurver mærket A anvendt for de øverste 0-40 cm, mens kurverne mærket C er anvendt fra 40 cm og nedefter.



I de følgende simuleringer har fri afdræning været antaget som nedre rand. Denne nedre randbetingelse er anvendt for at få en tydelig effekt af jordtyperne.

A1.2.3 Modelsædskifter

Modelsædskifterne er valgt under hensyntagen til variation i den tidlige udvikling i plantedækket. I modellen er dette udtrykt ved den temporære variation i bladarealindeks (LAI). Et sædskifte bestående af ensidigt dyrket vårbyg, kaldet vårsæd, repræsenterer et sædskifte med kort vegetationsperiode og med sort jord i vinterhalvåret. Et sædskifte bestående af ensidigt dyrket vinterhvede, kaldet vintersæd, repræsenterer et sædskifte med lang vegetationsperiode og et beskedent plantedække i vinterhalvåret. Græs repræsenterer et permanent vegetationsdække med en betydelig variation i dækningsgraden. Da slæt er betinget af vækstvilkår er specielt vegetationsdækket i sommerhalvåret mere varieret end for de to kornsædskifter og er således vanskeligere at fortolke end disse. Modelmæssigt er der ikke taget højde for sædskifteproblemer.

A1.2.4 Potentiel fordampning.

Til bestemmelse af potentiel fordampning anbefales det i Plauborg et al.,2002, at

- 1) Makkink-ligningen anvendes til estimering af referencefordampning
- 2) afgrødekoefficienter anvendes til beregning af potentiel fordampning

Potentiel fordampning beregnes i Daisy efter formlen

$$E_p = [K_{surf}e^{-0.5L_{ai}} + K_{can}(1 - e^{-0.5L_{ai}})]E_{ref} \equiv K_c E_{ref}$$

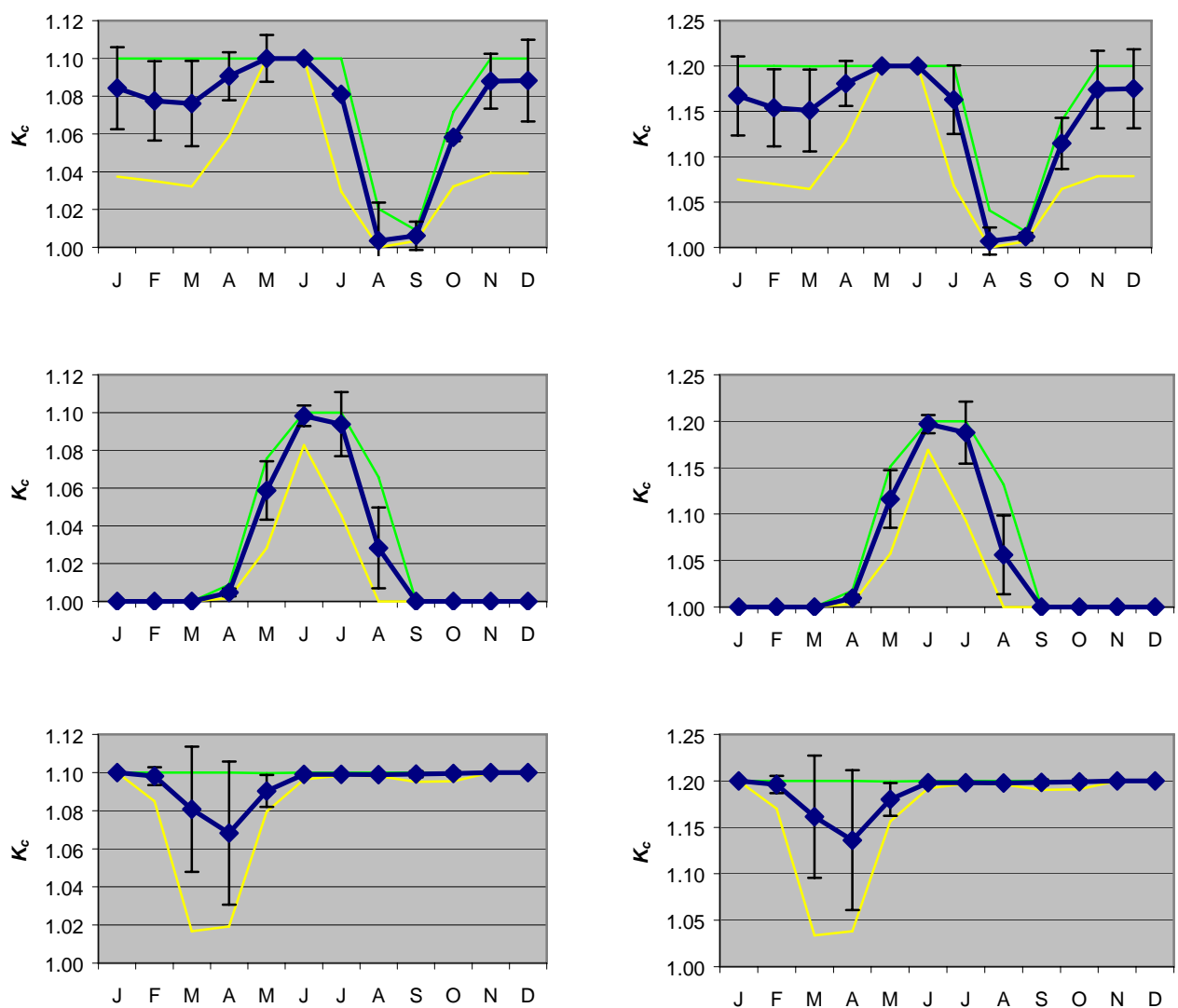
E_p :	Potentiel fordampning
E_{ref} :	Referencefordampning
K_{surf} :	Overfladekoefficient for bar jord
K_{can} :	Canopykoefficient for afgrødens canopy
L_{ai} :	Bladarealindeks
K_c :	Afgrødekoefficient (funktion af K_{surf} , K_{can} og L_{ai})

K_{surf} har tidligere haft default værdien 0.8, som er ændret til 1.0 for at stemme bedre overens med anbefalede værdier. K_{can} har for alle afgrøder tidligere haft default værdien 1.0. Anbefalede værdier for afgrødekoefficienten K_c er for vårafgrøder 1-1.15, for vinterafgrøder 1-1.15 og for vedvarende græs 1.2. Anbefalede værdier er opgjort månedsvis af Plauborg et al. (2002).

A1.2.5 Simuleringsresultater.

For at belyse effekten af denne parameter er der gennemført simuleringer, hvor K_{can} er sat til 1.0, 1.1 og 1.2. Hovedresultaterne er givet i Tabellerne A1.4 til A1.8. Perkolationen er bestemt i 1 m's dybde. Standardafvigelse repræsenterer variationen mellem de enkelte år.

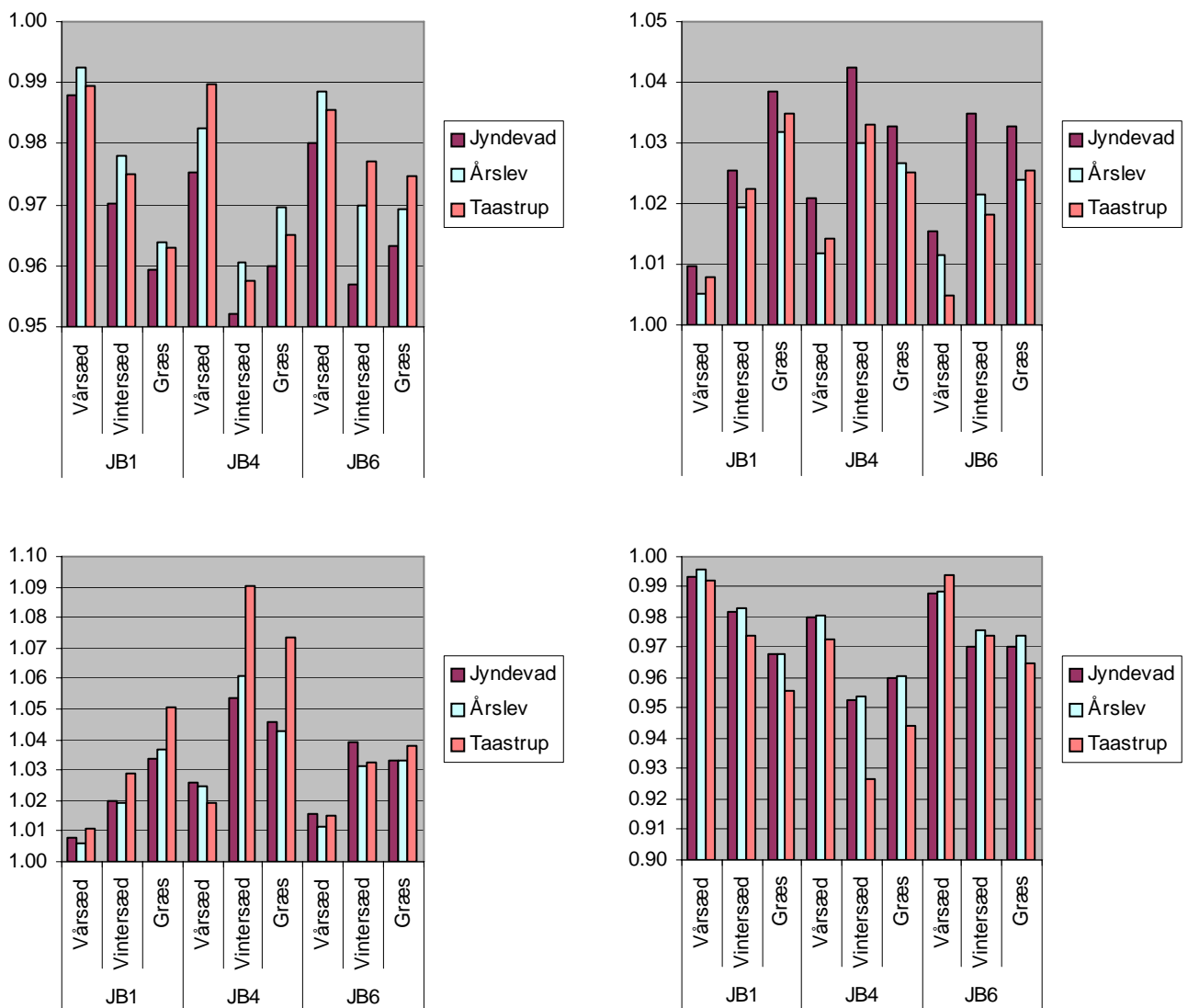
I Fig. A1.5 er årsvariationen i den effektive afgrødekoefficient (K_c) vist for $K_{can}=1.1$ og $K_{can}=1.2$ (for $K_{can}=1.0$ er $K_c=1.0$ til alle tidspunkter) for JB4 på Årslev grid. Figuren viser middelværdier ± 1 standardafvigelse samt simuleret minimum og maksimum for de tre modelsædskifter. I vintermånederne er estimationen af afgrødekoefficienten kun af mindre betydning for de endelige simuleringresultater på grund af den lave vinterfordampning. Det bemærkes at der for alle tre modelsædskifter optræder en ikke uvæsentlig variation mellem årene (angivet ved standardafvigelse samt minima og maksima).



Figur A1.5 Effektive afgrødekoefficienter. Øverst vinterhvede, midterst vårbyg, nederst græs. Til venstre $K_{can}=1.1$; til højre $K_{can}=1.2$. $K_{surf}=1.0$. Figurene viser middelværdier ± 1 standardafvigelse samt simuleret minimum og maksimum.

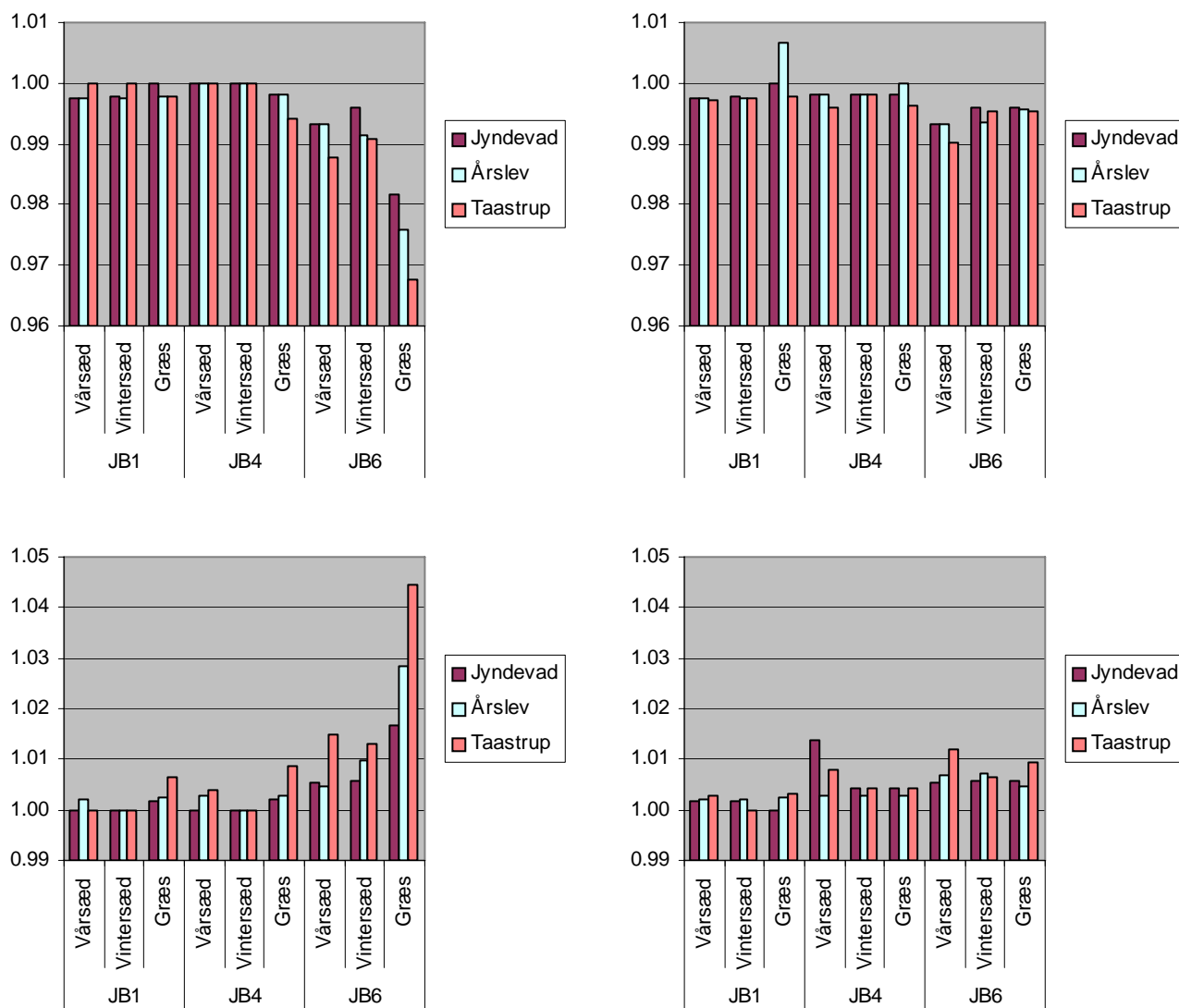
I Fig. A1.6 er den relative effekt af canopykoefficienten (K_{can}) illustreret grafisk idet $K_{can}=1.1$ har været anvendt som reference. Den relative effekt er givet som forholdet til referencen, dvs en relativ effekt på 1 svarer til at den valgte parameter ikke har ændret resultatet i forhold til referencen. Det bemærkes at effekten af canopykoefficienten på evapotranspirationen i alle tilfælde er mindre end 5% og at effekten er mindst for vårsæden med den korte vækstsæson. Tilsvarende er effekten på perkolationen i alle tilfælde mindre end 10% og igen er effekten mindst for vårsæd (se Fig. A1.6 nederst).

For at bringe sommerniveauet af afgrødekoefficienten (K_e) i overensstemmelse med de af de af Plauborg et al. (2002) anbefales det at anvende $K_{can}=1.15$ indtil der foreligger et eksperimentelt grundlag for justeringer.



Figur A1.6 Relativ effekt af canopykoefficient (K_{can}) på fordampningen (øverst) og perkolationen (nederst). Reference $K_{can}=1.1$; højre $K_{can}=1.0$; venstre $K_{can}=1.2$. Opgørelsesperiode 1.4.1991 til 31.3.2001.

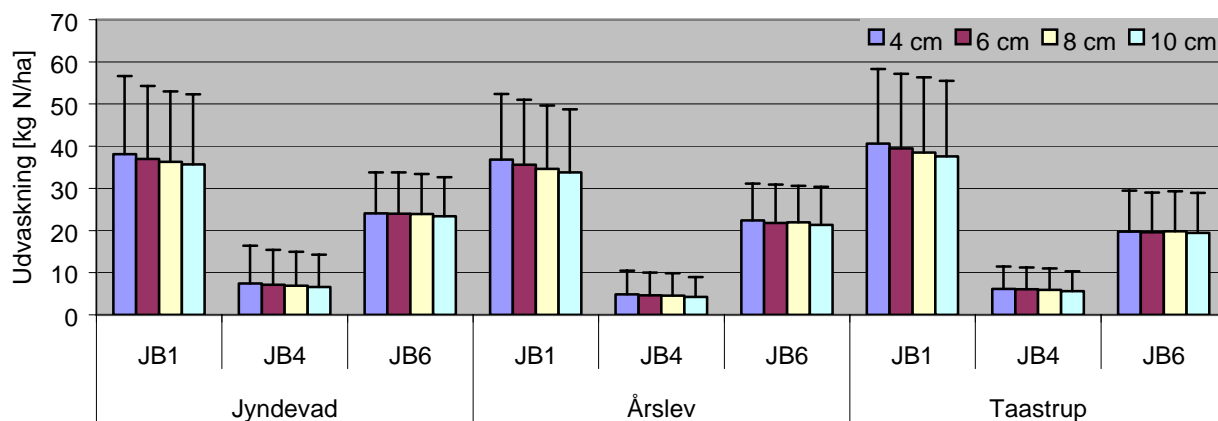
For $K_{can}=1.1$ er der desuden gennemført simuleringer, hvor der 1) ikke regnes med interception og 2) al nedbør forekommer som regn. Hovedresultaterne er vist i Tabel A1.8. I Fig A1.8 er de relative effekter vist som forhold til en reference. Referencen er beregninger der både inkluderer effekterne af at inddrage interception i vegetationens canopy og akkumulering i snemagasin med efterfølgende afsmeltning. Det bemærkes at effekten af at udelade disse processer i intet tilfælde giver anledning til en afvigelse på 10%, tværtimod ligger afvigelserne generelt nede på omkring 1-2% såvel på fordampningen som perkolationen. Det anbefales derfor at anvende modellens default parametre for interceptions- og snemodul.



Figur A1.8 Relativ effekt af at udelade interception (venstre) og udelade sne (højre) på henholdsvis fordampning (øverst) og perkolationen (nederst). Reference: interception henholdsvis sne er inkluderet. Opgørelsesperiode 1.4.1991 til 31.3.2001.

For at vurdere effekten af dispersionen er der foretaget simuleringer med gentaget vintersæd på de tre modeljorde. Gødningstilførelserne har været konstante for hver modeljord og har for JB1, JB4 og JB6 bestået af henholdsvis 156, 159 og 170 kg N/ha i handelsgødning. For hver modeljord er simuleringerne gennemført for hver af de tre vejrgrid med dispersiviteter på 4, 6, 8 og 10 cm. Denne variationsbredde dækker det typiske spænd man finder i markjorde. Hovedresultaterne af

simuleringerne er givet i Fig. A1.9. Det bemærkes at den valgte variation i dispersiviteter kun har marginal indflydelse på udvaskningen i den betragtede tidsskala. Boesten et al. (2000) har i forbindelse med et arbejde vedrørende standardisering af simulering af pesticiders skæbne i jord anbefalet at en dispersivitet på 5 cm anvendes. Vi følger denne anbefaling og anbefaler at en dispersivitet på 5 cm også anvendes ved beregning af N-udvaskning.



Figur A1.9 Gennemsnitlig årlig kvælstofudvaskning fra et ensidigt vinterhvede sædskifte beregnet for forskellige jordtyper (JB1, JB4 og JB6), klimagrids (Jyndevad, Årslev og Taastrup) og dispersiviteter (4, 6, 8, og 10 cm). Standardafvigelser repræsenterer variation mellem år.

Tabel A1.4 10-års gennemsnit og standardafvigelser. K_{can} 1.0, med interception og nedbør i form af regn og sne.

Variabel	Jord	Vegetation	Jydevad		Årslev		Taastrup	
			Station	Grid	Station	Grid	Station	Grid
Nedbør			1143±276	1031±232	855±231	878±226	650±134	749 ±152
Reference								
fordampning			591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
Potentiel	JB1	Vårsæd	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
fordampning		Vintersæd	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
		Græs	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
	JB4	Vårsæd	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
		Vintersæd	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
		Græs	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
	JB6	Vårsæd	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
		Vintersæd	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
		Græs	591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
Aktuel	JB1	Vårsæd	421±48	409±46	382±49	389±48	350±48	373±47
fordampning		Vintersæd	431±47	421±46	395±50	402±49	364±49	390±49
		Græs	461±54	448±51	419±54	426±56	389±55	416±56
	JB4	Vårsæd	520±38	514±38	493±55	502±53	462±36	486±46
		Vintersæd	521±26	517±24	504±46	510±42	475±31	495±28
		Græs	536±47	529±48	501±57	508±55	471±55	499±55
	JB6	Vårsæd	460±52	443±48	416±56	429±53	381±35	407±34
		Vintersæd	477±30	468±32	445±54	452±46	399±33	429±33
		Græs	492±50	471±47	439±59	443±51	388±36	422±41
Perkolation	JB1	Vårsæd	721±251	621±206	473±203	489±200	300±112	376±139
		Vintersæd	711±255	608±209	461±205	476±201	286±113	359±142
		Græs	681±258	581±208	436±209	452±202	261±115	332±144
	JB4	Vårsæd	621±262	515±216	361±216	375±209	188±106	262±153
		Vintersæd	621±254	512±210	350±209	367±199	175±102	253±135
		Græs	605±268	500±217	353±208	368±204	179±111	249±146
	JB6	Vårsæd	683±183	587±163	439±171	450±172	268±91	341±120
		Vintersæd	666±193	561±169	411±170	426±172	249±83	318±110
		Græs	651±192	558±162	418±171	437±171	261±85	327±113

Tabel A1.5 10-års gennemsnit og standardafvigelser. K_{can} 1.1, med interception og nedbør i form af regn og sne.

Variabel	Jord	Vegetation	Jydevad		Årslev		Taastrup	
			Station	Grid	Station	Grid	Station	Grid
Nedbør			1143±276	1031±232	855±231	878±226	650±134	749 ±152
Reference								
fordampning			591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
Potentiel	JB1	Vårsæd	621±39	625±40	641±42	645±42	622±44	636±48
fordampning		Vintersæd	631±38	636±39	651±42	654±41	630±42	646±46
		Græs	649±39	651±41	668±44	669±43	648±45	665±49
	JB4	Vårsæd	619±40	624±41	639±43	643±43	620±44	635±48
		Vintersæd	631±38	636±39	651±42	655±41	631±42	646±47
		Græs	649±39	651±41	668±44	670±44	648±45	665±49
	JB6	Vårsæd	619±39	624±40	640±43	644±42	621±44	636±48
		Vintersæd	632±38	636±39	651±42	654±42	631±42	646±47
		Græs	649±39	651±41	668±44	669±44	648±45	665±49
Aktuel	JB1	Vårsæd	427±51	414±48	385±49	392±49	353±50	377±48
fordampning		Vintersæd	446±51	434±49	403±52	411±50	372±51	400±52
		Græs	483±58	467±54	435±54	442±55	403±54	432±56
	JB4	Vårsæd	532±45	527±43	504±61	511±57	469±43	491±51
		Vintersæd	548±30	543±29	523±55	531±51	490±41	517±36
		Græs	563±53	551±50	517±59	524±57	484±56	517±55
	JB6	Vårsæd	470±53	452±51	423±59	434±55	384±36	413±36
		Vintersæd	503±36	489±40	460±60	466±53	405±35	439±39
		Græs	513±55	489±52	454±64	457±56	398±39	433±43
Perkolation	JB1	Vårsæd	715±251	616±206	470±204	486±200	297±111	372±138
		Vintersæd	697±256	596±209	452±205	467±201	278±113	349±142
		Græs	659±255	562±203	420±208	436±199	247±112	316±141
	JB4	Vårsæd	609±261	502±215	350±214	366±208	181±103	257±150
		Vintersæd	594±256	486±211	331±205	346±197	160±99	232±135
		Græs	578±264	478±209	338±204	353±198	165±107	232±141
	JB6	Vårsæd	673±182	578±161	433±168	445±171	265±90	336±119
		Vintersæd	641±192	540±167	397±165	413±169	242±83	308±108
		Græs	630±190	540±158	403±167	423±168	251±82	315±109

Tabel A1.6 10-års gennemsnit og standardafvigelse. K_{can} 1.2 med interception og nedbør i form af regn og sne.

Variabel	Jord	Vegetation	Jyndeved		Årslev		Taastrup	
			Station	Grid	Station	Grid	Station	Grid
Nedbør			1143±276	1031±232	855±231	878±226	650±134	749 ±152
Reference								
fordampning			591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
Potentiel	JB1	Vårsæd	651±41	656±42	673±45	677±44	652±47	668±51
fordampning		Vintersæd	672±39	676±40	692±43	696±43	670±43	686±48
		Græs	707±43	706±44	728±48	726±47	705±49	725±53
	JB4	Vårsæd	647±45	652±44	669±47	673±47	648±48	664±52
		Vintersæd	672±39	677±40	694±44	697±44	671±44	687±49
		Græs	707±43	707±45	728±48	727±48	705±49	725±53
	JB6	Vårsæd	647±42	653±43	672±46	676±45	652±47	667±51
		Vintersæd	672±39	677±41	693±44	697±44	671±44	687±49
		Græs	707±43	706±45	728±48	726±48	705±49	725±53
Aktuel	JB1	Vårsæd	432±53	418±50	388±49	394±49	356±52	380±50
fordampning		Vintersæd	458±54	445±52	411±53	419±52	379±52	409±54
		Græs	503±61	485±56	451±54	456±55	415±53	447±55
	JB4	Vårsæd	543±52	538±50	507±62	517±61	473±46	498±54
		Vintersæd	572±37	566±37	538±63	547±58	503±49	534±43
		Græs	586±57	569±54	531±62	538±58	496±56	530±54
	JB6	Vårsæd	478±59	459±55	426±61	439±56	387±40	415±40
		Vintersæd	523±45	506±46	471±64	476±57	411±38	447±43
		Græs	533±59	505±57	468±68	468±61	406±40	444±45
Perkolation	JB1	Vårsæd	711±252	612±206	468±204	484±200	294±110	369±137
		Vintersæd	684±256	585±208	444±205	459±201	271±113	340±142
		Græs	639±252	544±199	405±205	422±195	235±110	302±138
	JB4	Vårsæd	599±261	492±213	347±210	359±206	177±102	250±150
		Vintersæd	569±257	463±211	316±200	330±194	146±98	215±134
		Græs	556±257	459±202	323±200	339±193	154±102	219±137
	JB6	Vårsæd	665±180	571±159	429±166	440±170	262±88	334±116
		Vintersæd	620±191	524±165	386±163	403±168	236±83	300±107
		Græs	610±187	524±155	390±164	412±164	243±81	304±106

Tabel A1.7 10-års gennemsnit og standardafvigelse. K_{can} 1.1, med interception, nedbør kun som regn.

Variabel	Jord	Vegetation	Jyndevad		Årslev		Taastrup	
			Station	Grid	Station	Grid	Station	Grid
Nedbør			1143±276	1031±232	855±231	878±226	650±134	749 ±152
Reference fordampning			591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
Potentiel fordampning	JB1	Vårsæd	621±39	625±39	641±42	645±42	622±44	636±48
		Vintersæd	631±38	636±39	651±41	654±41	630±42	646±46
		Græs	649±39	651±41	668±44	669±43	648±45	665±49
	JB4	Vårsæd	619±40	624±40	639±43	643±43	620±45	635±48
		Vintersæd	632±38	636±39	651±42	655±41	631±42	646±47
		Græs	649±39	651±41	668±44	670±49	648±45	665±49
	JB6	Vårsæd	619±39	624±40	640±43	644±42	621±44	636±48
		Vintersæd	632±38	636±39	651±41	654±42	631±42	646±47
		Græs	649±39	651±41	668±44	669±44	648±45	665±49
Aktuel fordampning	JB1	Vårsæd	426±51	413±48	384±51	391±49	353±51	376±49
		Vintersæd	445±52	433±50	402±53	410±51	372±51	399±52
		Græs	482±60	467±55	435±55	445±56	402±54	431±56
	JB4	Vårsæd	531±46	526±44	503±62	510±57	469±43	489±51
		Vintersæd	547±31	542±29	522±56	530±51	490±42	516±37
		Græs	563±54	550±51	516±60	524±57	484±56	515±55
	JB6	Vårsæd	466±53	449±51	419±61	431±54	382±39	409±37
		Vintersæd	501±38	487±42	457±60	463±53	404±36	437±40
		Græs	511±56	487±54	452±65	455±58	396±39	431±45
Perkolation	JB1	Vårsæd	717±250	617±203	471±203	487±198	297±111	373±137
		Vintersæd	698±254	597±207	453±204	468±199	278±113	349±141
		Græs	660±253	562±201	421±207	437±197	247±112	317±140
	JB4	Vårsæd	611±258	509±212	351±212	367±206	181±103	259±148
		Vintersæd	596±252	488±208	332±203	347±195	160±100	233±133
		Græs	580±260	480±207	339±203	354±196	166±107	233±140
	JB6	Vårsæd	678±184	581±161	436±169	448±170	267±89	340±115
		Vintersæd	642±194	543±166	399±166	416±168	243±83	310±107
		Græs	632±189	543±156	405±167	425±166	253±83	318±107

Tabel A1.8 10-års gennemsnit og standardafvigelser. K_{can} 1.1 uden interception men med nedbør i form af regn og sne.

Variabel	Jord	Vegetation	Jyndeved		Årslev		Taastrup	
			Station	Grid	Station	Grid	Station	Grid
Nedbør			1143±276	1031±232	855±231	878±226	650±134	749 ±152
Reference								
fordampning			591±36	595±37	609±40	612±40	591±40	605±45
Potentiel	JB1	Vårsæd	621±39	625±40	641±42	645±42	622±44	636±48
fordampning		Vintersæd	631±38	636±39	651±42	654±41	630±42	646±46
		Græs	649±39	651±41	668±44	669±43	648±45	665±49
	JB4	Vårsæd	619±40	624±41	639±45	643±43	620±44	635±48
		Vintersæd	632±38	636±39	651±42	655±41	631±42	646±47
		Græs	649±39	651±41	668±44	670±44	648±45	665±49
	JB6	Vårsæd	619±39	624±40	640±43	643±45	621±44	636±48
		Vintersæd	631±38	636±39	651±42	654±41	631±42	646±47
		Græs	649±39	651±41	668±49	669±44	648±45	665±49
Aktuel	JB1	Vårsæd	427±51	413±49	385±49	391±49	353±50	377±48
fordampning		Vintersæd	445±50	433±49	403±52	410±50	371±51	400±51
		Græs	483±58	467±54	434±54	441±55	401±54	431±56
	JB4	Vårsæd	532±45	527±43	504±61	511±57	469±43	491±51
		Vintersæd	548±30	543±29	523±55	531±51	490±42	517±47
		Græs	562±53	550±50	515±58	523±56	482±55	514±54
	JB6	Vårsæd	469±53	449±51	420±60	431±56	381±38	408±39
		Vintersæd	501±37	487±41	456±60	462±53	401±35	435±40
		Græs	504±55	480±53	442±65	446±58	385±39	419±43
Perkolation	JB1	Vårsæd	715±251	616±205	471±203	487±200	297±111	372±138
		Vintersæd	697±258	596±209	453±205	467±201	278±113	349±142
		Græs	659±255	563±203	421±209	437±199	248±112	318±141
	JB4	Vårsæd	609±262	502±215	350±214	367±208	181±103	258±149
		Vintersæd	594±255	486±211	331±205	346±198	159±99	232±134
		Græs	579±262	479±209	339±209	354±198	167±106	234±141
	JB6	Vårsæd	674±182	581±160	435±167	447±169	269±89	341±118
		Vintersæd	642±189	543±165	400±164	417±167	246±83	312±107
		Græs	639±182	549±156	416±163	435±165	261±82	329±107

A1.2.6 Brug af skaleret Tåstrup klima

Med udgangspunkt i Tåstrup klimaet samt Tåstrup grid, Årslev grid og Jyndevad grid er 3 skalerede grid blevet konstrueret.

Det er tidligere vist, at forskellen i årsglobalstråling og årstemperatur er mindre end 2% for klima og grid. (se Tabel A1.2) Derfor er disse direkte overført fra til de skalerede grid fra Tåstrup klimaet.

Nedbøren i Tåstrup klimaet for perioden fra 1/1-1991 til 31/12-2000 er summeret månedsvist, hvorefter månedsmiddel for 10-års perioden er beregnet. Tilsvarende er gjort for Tåstrup grid, Årslev grid og Jyndevad grid. Tåstrup klimaets nedbør er ukorrigeret, mens de øvrige er korrigeret efter moderat læ ifølge Allerup et al , 1998. Ved at definere et skaleringsforhold som (månedsmiddel for grid /månedsmiddel Tåstrup klima)/ PrecipCorrectfaktor fremkommer korrektionerne vist i Tabel A1.9. PrecipCorrectfaktor er her de korrektionsfaktorer, der er gældende for Tåstrup klimaet, dvs. alle tolv er 1,0.

Tabel A1.9 PrecipScale faktorer ved brug af Tåstrup klimaet, KVL for hvert grid.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tåstrup	1,28	1,34	1,18	1,15	1,10	1,21	1,06	1,02	1,10	1,10	1,14	1,23
Årslev	1,98	1,77	1,67	1,11	1,21	1,12	1,04	1,19	1,10	1,33	1,31	1,74
Jyndevad	2,18	2,19	1,96	1,21	1,22	1,28	1,36	1,29	1,14	1,80	1,66	2,09

Disse PrecipScale-faktorer defineres i weather som vist i Tabel A1.10. Gyldigheden for disse korrektionsfaktorer er for perioden 1/1-1991 til 31/12-2000. De til klimaet hørende PrecipCorrect faktorer skal forsat være defineret i klimaet.

Tabel A1.10 Eksempel på brug af Tåstrup klimaet tilnærmet Tåstrup grid.

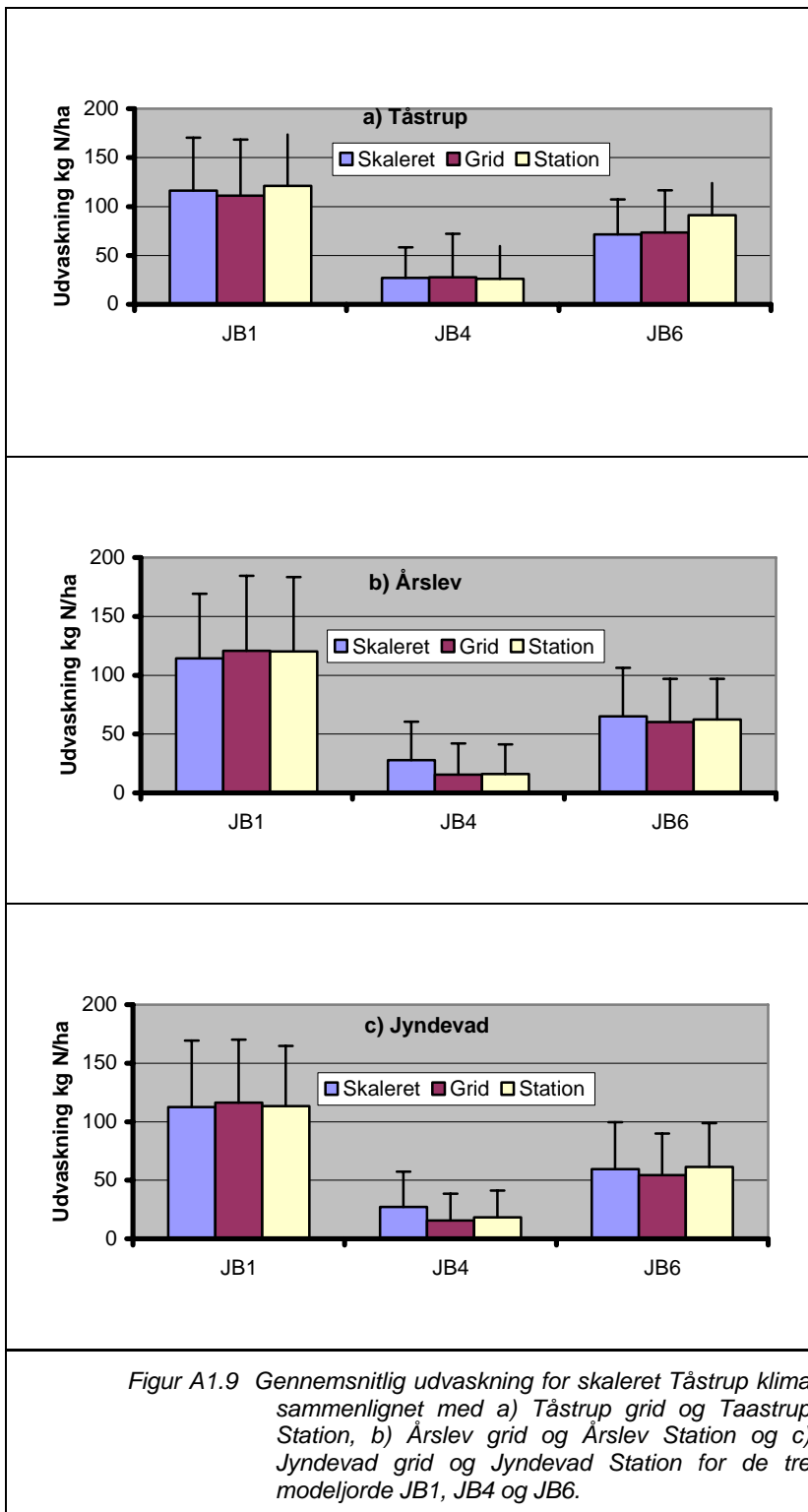
```
(weather default "weather.dwf"  
  (PrecipScale 1.28 1.34 1.18 1.15 1.10 1.21 1.06 1.02 1.10 1.14 1.23))
```

For de 3 modeljorde JB1, JB4 og JB6 er disse korrigerede klimaer testet ved anvendelse af kontinuært vårbyg, hvor alt undtagen stub fjernes. Gødningstilførslen har været 120, 115 og 121 kg N/ha for henholdsvis JB1, JB4 og JB6. Disse gødningstilførsler svarer alle til kvælstofnormerne uden udbyttekorrektion.

I Fig. A1.9 er gennemsnitsudvaskningen for 10 års perioden vist tilligemed standardafvigelse med JB1, JB4 og JB6 for a) ”skaleret Tåstrup grid”, Tåstrup grid og Tåstrup Station, b) ”skaleret Årslev grid”, Årslev grid og Årslev Station og c) ”skaleret Jyndevad grid”, Jyndevad grid og Jyndevad Station.

Nedbøren i ”Skaleret grid” er tilpasset ”Grid”. Stations data er medtaget for at illustrere det ”sande” bud på udvaskningen. Forskellen i gennemsnitlig udvaskning ved brug af det skalerede klima og grid er omkring 5 kg N/ha/år for JB1, på 12 kg N/ha/år for JB4, og på 5 kg N/ha/år for JB6. Dvs. der introduceres en maksimal fejl på ca. 5% for JB1, på ca. 80% for JB4 og på ca. 10% for JB6.

For skaleret Tåstrup grid er den introducerede fejl for JB1, JB4 og JB6 på henholdsvis 5%, 2% og 3%, for skaleret Årslev grid henholdsvis 5%, 80% og 8%, og for skaleret Jynde vad grid henholdsvis 4%, 80% og 10%.



APPENDIX A2

Tilgængelige datakilder vedrørende jordprofiler

A2 TILGÆNGELIGE DATAKILDER VEDRØRENDE JORDPROFILER

Baggrundsdata

Jordtyper

Kendskab til en marks jordbund er en af nøgleparameter til at modelberegningerne med Daisy modellen giver realistiske resultater. Viden om den danske jordbund kan udledes fra eksisterende jordbundskort. Farvekodekortet (Danmarks Jordbrugsforskning, 1996) tegnet på baggrund af et landsdækkende monitoring af teksturen i pløjelaget. Farvekodekortet opdeler jordbunden alene ud fra teksturen i pløjelaget. Kortmaterialet er landsdækkende og er tegnet i skalaen 1:50.000. Usikkerheden på grænsedragningen mellem jordbundsklasserne er meget usikker, hvilket betyder at grænsedragningen ikke kan anvendes til underopdeling af en mark i forskellige jordbundstyper. Jordartskortet fra GEUS er landsdækkende og indeler jordene ud fra udgangsmaterialet. Jordartskortet er opgjort i størstedelen af landet i forholdet 1:25.000, men andre steder i forholdet 1:200.000. De landsdækkende jordbundskort er ikke således ikke egnede til at anvende i som udgangspunkt for modelberegninger på mark- eller bedriftsniveau. Modelberegninger på mark og bedriftsniveau skal baseres på lokale information om jordbunden, samt om drænningsoplysninger og evt. afstand til grundvand.

Informationsniveauer for jorden på mark niveau opdeles i fem niveauer afhængig af tilgængelig jordinformation.

1. Kendskab til markens JB nummer,
2. Kendskab til markens tekstur og indhold af organisk stof,
3. Måling af markens tekstur og indhold af organisk stof.
4. EM38 målinger hvor marken underopdeles i jordbunds homogene markpolygoner. For hver markpolygon måles tekstur og indhold af organisk stof.
5. EM38 målinger hvor marken underopdeles i jordbunds homogene markpolygoner. For hver markpolygon måles tekstur, indhold af organisk stof, samt de hydrauliske parametre.

Da der inden for en mark kan forekomme flere jordtyper som kan variere betydeligt, er informationsniveau 1, 2 og 3 kun anvendelig for marker med relativ ens tekstuel sammensætning. For sandjorde (JB1, JB2 og JB3) betyder det at forskellen i lerindhold mellem jordtyperne skal være <3% ler, hvorimod for jordtyperne (JB4, JB5 og JB6) kan forskellen være op til 5% ler.

I parameteriseringen til Daisy modellen opdeles jorden i en række horisonter (2-4 horisonter). Horisonterne adskiller sig overvejende ved at være forskellige mht. indholdet af organisk stof og struktur, men kan også være tekstuel meget forskellige ved at være dannet ud fra forskelligt udgangsmateriale. Af tabel A2.1 fremgår det, at det ikke er umiddelbart muligt at slutte sig til teksturen i underliggende horisonter på grundlag af kendskab til teksturen i A-horizonten eller JB-nummeret. Dataene stammer fra en statistisk analyse af data fra kvadratnettet (ca. 800 profiler). Ca. halvdelen af JB1- og JB7-jordene også er JB1 eller 7 i dybden, mens det samme gælder for under en femtedel af JB3- og JB4-jordene og for en tyvendedel af JB5- og JB6-jordene.

For at beskrive jorden, er det således er det nødvendigt at kende de forskellige horisonters egenskaber mht. tekstur, organisk stofindhold.

Tabel A2.1 Opgørelse af den procentvise sammenhæng mellem jordlagenes JB klassifikation

Jordtype i Jordlag 1, JB	Jordlag 1* og 2 ens, pct.	Jordlag 1, 2* og 3 ens, pct.	Jordlag 1, 2, 3* og 4 ens, pct.	Antal
1	70	60	53	168
2	67	48	38	73
3	66	33	18	76
4	63	30	19	189
5	32	4	4	25
6	52	13	6	204
7	78	55	46	113

*jordlag 1=0-25 cm, jordlag 2=25-50 cm, jordlag 3=50-75 cm og jordlag 4=75-100 cm

Når teksten er fastlagt kan data anvendes i pedotransfer-funktioner (Appendix A3), eller jordbundsdata kan vælges fra bibliotek (Appendix A4).

Information til fastlæggelse af den nedre rand

Generelt forventes det, at alle vandlidende jorde, der dyrkes i Danmark, er drænet. Det er ikke helt korrekt, idet en opgørelse fra 1973 viser at betydende arealer stadig på det tidspunkt havde behov for dræning. Amtsvis er tallene opgjort i Tabel A2.2. Der er dog udført dræning siden, men der foreligger ikke en samlet opgørelse fra et senere tidspunkt.

Tabel A2.2 Dræningens intensitet og dræningsbehov i danske amter, opgjort i 1973

Amt	% af amtets areal undersøgt	% af areal drænet	Behov for omdræn, pletdræn eller nydræn, %
Nordjylland, nord	1,2	36	13
Nordjylland, syd	1,1	24	10
Viborg	0,9	39	17
Ringkøbing	1,0	34	14
Ribe	0,9	31	16
Århus	1,0	45	19
Vejle	1,1	47	14
Sønderjylland	1,1	62	13
Fyn	0,7	55	14
Vestsjælland	0,9	78	29
”Østsjælland”	1,0	65	35
Storstrøm	0,9	81	33
Bornholm	1,9	58	18

Kilde: Johs. Olesen: Oversigt over forsøg og undersøgelser i landbo og husmandsforeningerne, 1973. Landsudvalget for Planteavl.

Det fremgår dog af tallene, at en stor del af de mere lerede jorde er drænet.

Lokal information kan anvendes til at bestemme grundvandets beliggenhed direkte eller indirekte. Det kan være vandstand i lokale brønde, pejleboringer hvis de kan henføres til et øvre magasin, eller kendskab til våde pletter i marken og hvor længe de er våde. Udgravning af en jordprofil vil også

ofte vise hvor i en profil, der er grundvandsindflydelse. Afstanden til nærmeste å og vandstanden i åen vil også være relevant information. Især for udrænedede marker kan det også give en indikation hvornår det er tørt nok til at køre på marken.

Er der dræn, er det vigtigt at vide hvor mange måneder, der normalt løber vand i drænenene.

I amterne kan yderligere information om grundvandsniveauer være tilgængelig i form af simuleringsresultater fra grundvandsmodeller.

APPENDIX A3

Pedotransfer-funktioner

A3 PEDOTRANSFER-FUNKTIONER

Pedo transfer funktioner (PTF) kan overordnet opdeles i punkt PTF og parameter PTF. Punkt PTF estimerer vandindholdet i jorden ved bestemte trykpotentiale. Parameter PTF estimerer parametre, der indgår i retentionsfunktioner og hydraulisk ledningsevne funktioner. Retentionsfunktionerne er funktioner, der giver en entydig sammenhæng mellem jordens vandindhold og trykpotentialet i jorden. Hydraulisk ledningsevne funktioner estimerer den mættede og umættede hydrauliske ledningsevne som funktion af vandindholdet i jorden, eller jordens trykpotentiale. I dynamisk modellering af jordens vandindhold anvendes ofte en kontinuerte beskrivelse af retentions kurven og hydraulisk ledningsevne som indgangsdata, der betyder at parameter PTF modeller er velegnet til at beskrive indgangsdata til Daisy modellen.

Tre parameter-pedotransfer-funktioner er tilgængelige via DaisyGIS. De er vist i Tabel A3.1.

Tabel A3. 1 Oversigt over anvendelige pedo-transfer-funktioner, der producerer retentionskurver og hydraulisk-ledningsevne-funktion

Reference	Input*	Output ($\psi(\theta)$)	Output ($K(\theta)$)	Soil basis
Cosby et al. (1984)	% ler % sand	Modificerede Campbell parametre	Campbell-Burdine parametre	1448 US jordprøver, dækkende alle 11 USDA klasser
Vereecken et al. (1989 & 1990)	% ler % sand % organisk carbon volumenvægt	$\psi(\theta)$: van Genuchten parametre (m=1)	K(θ): Gardner parametre	182 Belgiske jordtyper
HYPRES (1998)	% ler % silt % sand % organisk stof volumenvægt top/underjord	Van Genuchten parametre	Van Genuchten-Mualem parametre	1777 prøvelokaliteter med data fra 4486 horisonter i Europa.

*ler (0-2 μm), silt (2-50 μm), sand (>50 μm), vægtprocent

I det følgende gives en kort introduktion til hver af de tre funktioner og måden de anvendes i DaisyGis. Det er ikke muligt at give præcise begrænsninger vedrørende deres anvendelse, men for hver funktion er forsøgt illustreret på hvilken basis de er udviklet.

Cosby-funktionerne er de simpleste, og derfor også de, der producerer de groveste resultater. Organisk stof anvendes ikke, og der er ingen skelnen mellem top- og underjordshorisonter. De andre funktioner kan håndtere organisk stof (eller organisk carbon) og volumenvægt, og eventuelt skelne mellem top- og underjord.

Cosby et al. (1984)

Cosby-pedotransfer-funktionerne genererer parametre til Campbell-retentionsfunktionen og en værdi for mættet hydraulisk ledningsevne, K_s . De samme parametre kan anvendes til at generere værdier for den umættede hydrauliske ledningsevne via funktionerne udviklet af Burdine eller Mualem.

Retentionskurve: Campbell (1974) (modificeret som beskrevet af Smith 1982):

$$\theta(\psi) = \frac{\theta_s}{\left[1 + (\psi/\psi_b)^5\right]^{1/5}}$$

Hydraulisk ledningsevnefunktioner:

Burdine (1952):
$$K(\psi) = K_s \left(\frac{\psi_b}{\psi}\right)^{(2+3\lambda)}$$

Mualem (1976):
$$K(\psi) = K_s \left(\frac{\psi_b}{\psi}\right)^{(2+2.5\lambda)}$$

where

θ	=	Aktuelt jordvandsindhold
θ_s	=	Jordvandsindhold ved mætning
θ_r	=	Residual-jordvandsindhold
ψ	=	Vandpotentiale i jordmatricen
ψ_b	=	Vandpotentiale i jordmatricen ved luftindtrængning
λ	=	Partikelstørrelsesindex
K_s	=	Mættet hydraulisk ledningsevne

Pedo-transfer funktionerne beskrives som følger:

$$\begin{aligned} \theta_s &= 0.505 - 0.00142 * Sa - 0.00037 * Cl \\ \log_{10}(\psi_b) &= 1.54 - 0.0095 * Sa + 0.0063 * Si \quad (\text{cm v.s.}) \\ 1/\lambda &= 3.1 + 0.157 * Cl - 0.003 * Sa \\ \log_{10}(K_s) &= -5.75 + 0.0126 * Sa - 0.0064 * Cl \quad (\text{m/s}) \end{aligned}$$

hvor

Cl	=	Ler fraktion (%)
Si	=	Silt fraktion (%)
Sa	=	Sand fraktion (%)

Datasættet, der er anvendt til udledning af ligningerne, indeholder dækker over en stor variationsbredde i jordegenskaber. Disse er beskrevet i Tabel A3.2. In Tabel A3.3 er givet de teksturværdier, der er anvendt for hver teksturklasse anvendt i regressionsanalysen.

Table A3. 2 Antal jorde i sættet af 1448 med givne egenskaber

Descriptor	Classes	Number	Descriptor	Classes	Number
Textur	Sand*	14	Roots	Abundant	220
	Sandy loam*	124		Common	345
	Loamy sand*	30		Few	314
	Loam*	103		None	269
	Silty loam*	394		Unclassified	300
	Sandy clay loam*	104	Topography	0-2%	402
	Silty clay loam*	325		2-7%	735
	Clay loam*	147		7-14%	220
	Sandy clay*	16		14-25%	58
Silty clay*	43	25 –55%		16	
	Light clay*	148		Unclassified	17
Horizont	A	488	Drainage	very poor	27
	B	795		Poor	65
	C	165		somewhat poor	161
Moist consistency	very friable	248		Moderate	337
	friable	643		Well	794
	firm	390		somewhat excessive	27
	very firm	74		Excessive	33
	unclassified	93		Unclassified	4
Structural size	very fine	66	Land Use	long-term pasture	628
	fine	520		long-term cultivated	629
	medium	560		long-term forest	124
	coarse	129		long-term idle	67
	unclassified	173			
Structural form	Platy	50			
	prismatic	113			
	blocky	176			
	subangular blocky	621			
	granular	337			
	crumbly	13			
	massive	98			
	unclassified	40			

*USDA-tekstur, svarer ellers til FAO's klasser

Table A3. 3 Værdier for % Silt, Sand og ler anvendt for hver teksturklasse for udvikling af pedotransfer-funktionen

Class	Silt, %	Sand, %	Clay, %
Sand	5	92	3
Loamy sand	12	82	6
Sandy Loam	32	58	10
Loam	39	43	18
Silty loam	70	17	13
Sandy clay loam	15	58	27
Clay loam	34	32	34
Silty clay loam	56	10	34
Sandy clay	6	52	42
Silty clay	47	6	47
Clay	20	22	58

Funktionerne udviklet af Vereecken et al. 1989 og 1990.

Vereecken et al. 1989:

Funktionen genererer parametre for van Genuchten-retentionsfunktionen under forudsætning af at parametren 'm' er lig 1.

van Genuchten (1980):

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha\psi)^n]^m}$$

hvor

θ	=	Aktuelt jordvandsindhold
θ_s	=	Jordvandsindhold ved mætning
θ_r	=	Residual-jordvandsindhold
ψ	=	Vandpotentiale i jordmatricen
α	=	Eksponent i van Genuchten funktionen
n	=	Eksponent i van Genuchten funktionen
m	=	Eksponent i van Genuchten funktionen, her sat til 1

Pedotransfer-funktionerne kan beskrives som:

θ_s	=	$0.838 - 0.283 \cdot \rho_b + 0.0013 \cdot Cl$
θ_r	=	$0.015 + 0.005 \cdot Cl + 0.014 \cdot OC$
$\ln(\alpha)$	=	$-2.486 + 0.025 \cdot Sa - 0.351 \cdot OC - 2.617 \cdot \rho_b - 0.023 \cdot Cl$
$\ln(n)$	=	$0.053 - 0.009 \cdot Sa - 0.013 \cdot Cl + 0.00015 \cdot Sa^2$

hvor

Cl	=	Ler fraktion (%)
Sa	=	Sand fraktion (%)
ρ_b	=	Volumenvægt (g/cm ³)
OC	=	Organisk carbon indhold (%) ($\approx 0.587 \cdot$ Organic matter content)

Vereecken et al. 1990:

Funktionerne genererer parametre for den umættede hydrauliske ledningsevnefunktion foreslået af Gardner (18):

Gardner (1958).
$$K(\psi) = K_s \left(\frac{1}{1 + (\alpha_g \psi)^{n_g}} \right)$$

where

ψ	=	Vandpotentiale i jordmatricen
α_g	=	parameter i Gardner-funktion
n_g	=	eksponent i Gardner funktion
K_s	=	Mættet hydraulisk ledningsevne
$K(\psi)$	=	Hydraulisk ledningsevne som funktion af matrix-potentialet

Pedotransfer-funktionerne kan beskrives som følger:

$$\begin{aligned} \ln(K_s) &= 20.62 - 0.96 \cdot \ln(Cl) - 0.66 \cdot \ln(Sa) - 0.46 \cdot \ln(OC) - 8.43 \cdot \rho_b \text{ (cm/day)} \\ \ln(\alpha) &= -0.73 - 0.01877 \cdot Sa + 0.058 \cdot Cl \\ \ln(n) &= 1.186 - 0.194 \cdot \ln(Cl) - 0.0489 \cdot \ln(Si) \end{aligned}$$

hvor

$$\begin{aligned} Cl &= \text{Ler fraktion (\%)} \\ Si &= \text{Silt fraktion (\%)} \\ Sa &= \text{Sand fraktion (\%)} \\ \rho_b &= \text{Volumenvægt (g/cm}^3\text{)} \\ OC &= \text{Organisk carbon indhold (\%)} (\approx 0.587 \cdot \text{Organic matter content}) \end{aligned}$$

Det er vigtigt at bemærke at værdierne for α og n ikke er identiske i de to sæt funktioner.

Daisy modellen supporterer ikke Gardner funktionen, og de genererede parametre for retentionsfunktionen anvendes derfor direkte i van Genuchten-Mualem approximation.

$$\text{Van Genuchten/Mualem: } K(\psi) = K_s \frac{\left(\left(1 + (\alpha\psi)^n \right)^m - (\alpha\psi)^{n-1} \right)^2}{\left(1 + (\alpha\psi)^n \right)^{2.5m}}$$

Det vil sige at værdien for m i ledningsevnefunktionen effektivt bliver $m=1-1/n$.

Gardner-værdierne anvendes derfor i realiteten ikke, og der er ikke en simpel transformation af parametrene til parametre, der kan anvendes i Daisy. $m=1$ i Gardner-udtrykkes bliver derfor "ødelagt" af valget af Van Genuchten/Mualem modellen. Det betyder, at kurverne ikke bliver præcis som predikteret af de originale udledninger af Vereecken.

Indholdet af organisk carbon i jordene anvendt i udledningen varierer fra 0.01 to 6.60% og volumenvægten fra 1.03 til 1.72 g/cm³. Spredningen af teksturer er vist i Figur A.1.

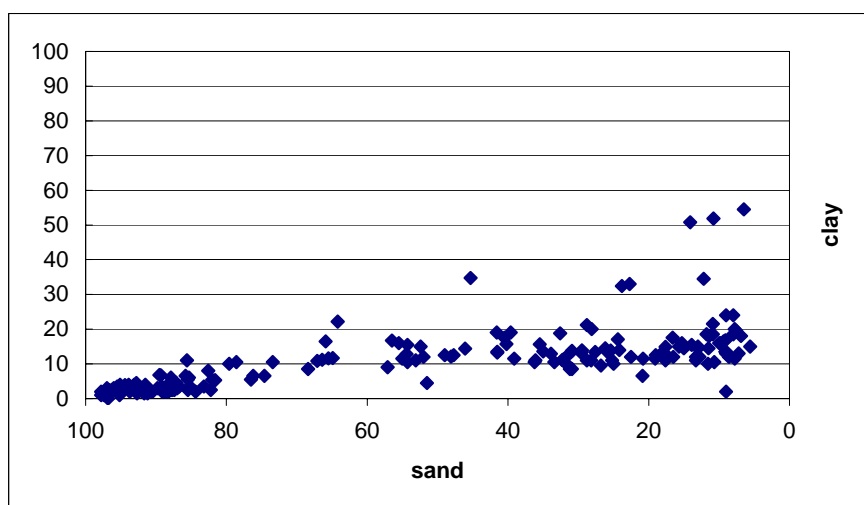


Figure A.1 Textural distribution of the soil samples on which the Vereecken functions are based.

HYPRES

HYPRES transfer funktionerne er et resultat af et EU-samarbejdsprojekt, hvor data fra en række jordprofiler er anvendt til udvikling af et sæt transfer-funktioner. De genererede parametre anvendes i den lukkede form af van Genuchten/Mualem ligningen.

Retentionskurve: van Genuchten (1980):

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha\psi)^n\right]^m}$$

hvor

θ	=	Aktuelt jordvandsindhold
θ_s	=	Jordvandsindhold ved mætning
θ_r	=	Residualt jordvandsindhold
ψ	=	Vandpotentiale i jordmatricen
α	=	eksponent i van Genuchten-funktionen
n	=	eksponent i van Genuchten-funktionen
m	=	exponent in van Genuchten function, here assumed equal to 1-1/n

Hydraulisk ledningsevne-funktion:

$$K(h) = K_s \frac{\left(\left(1 + |\alpha h|^n\right)^{-1/n} - |\alpha h|^{n-1}\right)^2}{\left(1 + |\alpha h|^n\right)^{(1-1/n)(l+2)}} = K_s \frac{\left(\left(1 + |\alpha h|^n\right)^m - |\alpha h|^{n-1}\right)^2}{\left(1 + |\alpha h|^n\right)^{m(l+2)}}$$

hvor

h	=	Vandpotentialet i jordmatricen, i cm vandsøjle
l	=	En form-faktor for den umættede ledningsevnefunktion

Pedotransfer-funktionerne er vist i Tabel A3.4.

Daisy-modellen har i forbindelse med arbejdsgruppens arbejde fået mulighed for at l kan anvendes som separat parameter. I andre sammenhænge sættes l ofte til 0.5 som i den kombinerede van Genuchten/Mualem ligning.

Van Genuchten/Mualem:
$$K(\psi) = K_s \frac{\left(\left(1 + (\alpha\psi)^n\right)^m - (\alpha\psi)^{n-1}\right)^2}{\left(1 + (\alpha\psi)^n\right)^{2.5m}}$$

Table A3. 4 Pedotransfer-functions derived in the HYPRES project

property	transformation	Equation
θ_s		$\theta_s = 0.7919 + 0.001691 * C - 0.29619 * D - 0.000001491 * S^2 + 0.0000821 * OM^2 + 0.02427 * C^{-1} + 0.01113 * S^{-1} + 0.01472 * \ln(S) - 0.0000733 * OM * C - 0.000619 * D * C - 0.001183 * D * OM - 0.0001664 * \text{topsoil} * S$ ($R^2 = 76\%$)
α	e^{α^*}	$\alpha^* = -14.96 + 0.03135 * C + 0.0351 * S + 0.646 * OM + 15.29 * D - 0.192 * \text{topsoil} - 4.671 * D^2 - 0.000781 * C^2 - 0.00687 * OM^2 + 0.0449 * OM^{-1} + 0.0663 * \ln(S) + 0.1482 * \ln(OM) - 0.04546 * D * S - 0.4852 * D * OM + 0.00673 * \text{topsoil} * C$ ($R^2 = 20\%$)
n	$e^{n^*} + 1$	$n^* = -25.23 - 0.02195 * C + 0.0074 * S - 0.1940 * OM + 45.5 * D - 7.24 * D^2 + 0.0003658 * C^2 + 0.002885 * OM^2 - 12.81 * D^{-1} - 0.1524 * S^{-1} - 0.01958 * OM^{-1} - 0.2876 * \ln(S) - 0.0709 * \ln(OM) - 44.6 * \ln(D) - 0.02264 * D * C + 0.0896 * D * OM + 0.00718 * \text{topsoil} * C$ ($R^2 = 54\%$)
l	$10(e^{l^*} - 1) / (1 + e^{l^*})$	$l^* = 0.0202 + 0.0006193 * C^2 - 0.001136 * OM^2 - 0.2316 * \ln(OM) - 0.03544 * D * C + 0.00283 * D * S + 0.0488 * D * OM$ ($R^2 = 12\%$)
K_s	$e^{K_s^*}$	$K_s^* = 7.755 + 0.0352 * S + 0.93 * \text{topsoil} - 0.967 * D^2 - 0.000484 * C^2 - 0.000322 * S^2 + 0.001 * S^{-1} - 0.0748 * OM^{-1} - 0.643 * \ln(S) - 0.01398 * D * C - 0.1673 * D * OM + 0.02986 * \text{topsoil} * C - 0.03305 * \text{topsoil} * S$ ($R^2 = 19\%$)
where	C	percent clay (material < 2 μm)
	S	percent silt (material between 2 and 50 μm)
	OM	percent organic matter
	D	bulk density (g/cm^3)
	Topsoil	if the soil is a topsoil, the value is 1, if a subsoil, the value is 0
	Ln	the natural logarithm

Det bør noteres at R^2 -værdierne for λ , K_s and α er meget små og usikkerheden på de genererede kurver er derfor betydelig. Det er altid en god ide at undersøge (for alle pedotransfer-funktioner) om ledningsevnen ved pF 2 er i størrelsesordenen $1 * 10^{-8} - 1 * 10^{-9}$ m/s. Større værdier har tendens til at føre til for stor opadgående vandbevægelse mens væsentlig mindre værdier fører til for lille opadgående vandbevægelse.

Figureerne A.2 og A.3 viser hvor de tilgrundliggende data stammer fra, og fordelingen af teksturer i HYPRES' baggrundsmateriale.

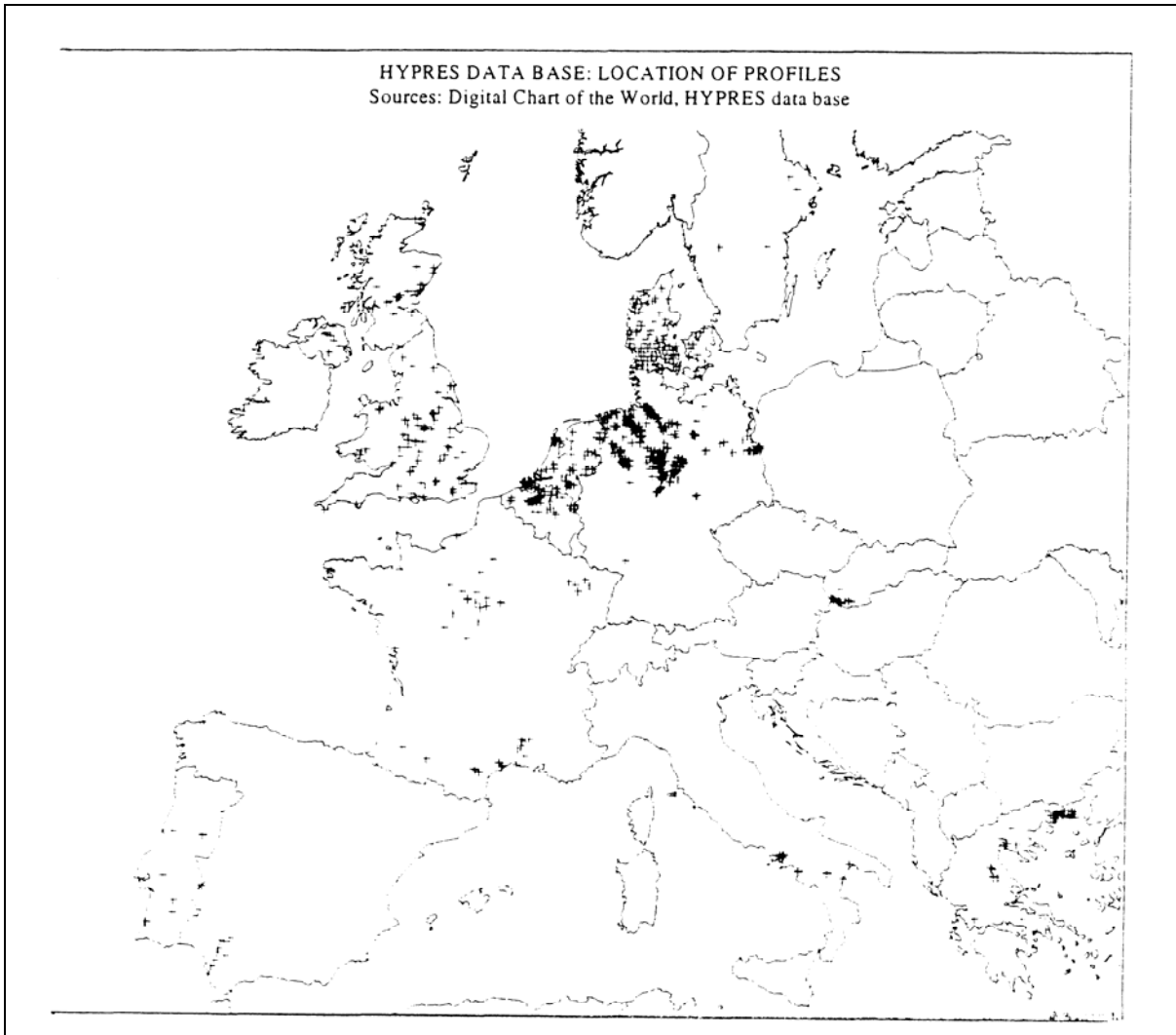


Figure A3.2 Oprindelsessteder for jordprøver anvendt til udledning af HYPRES.

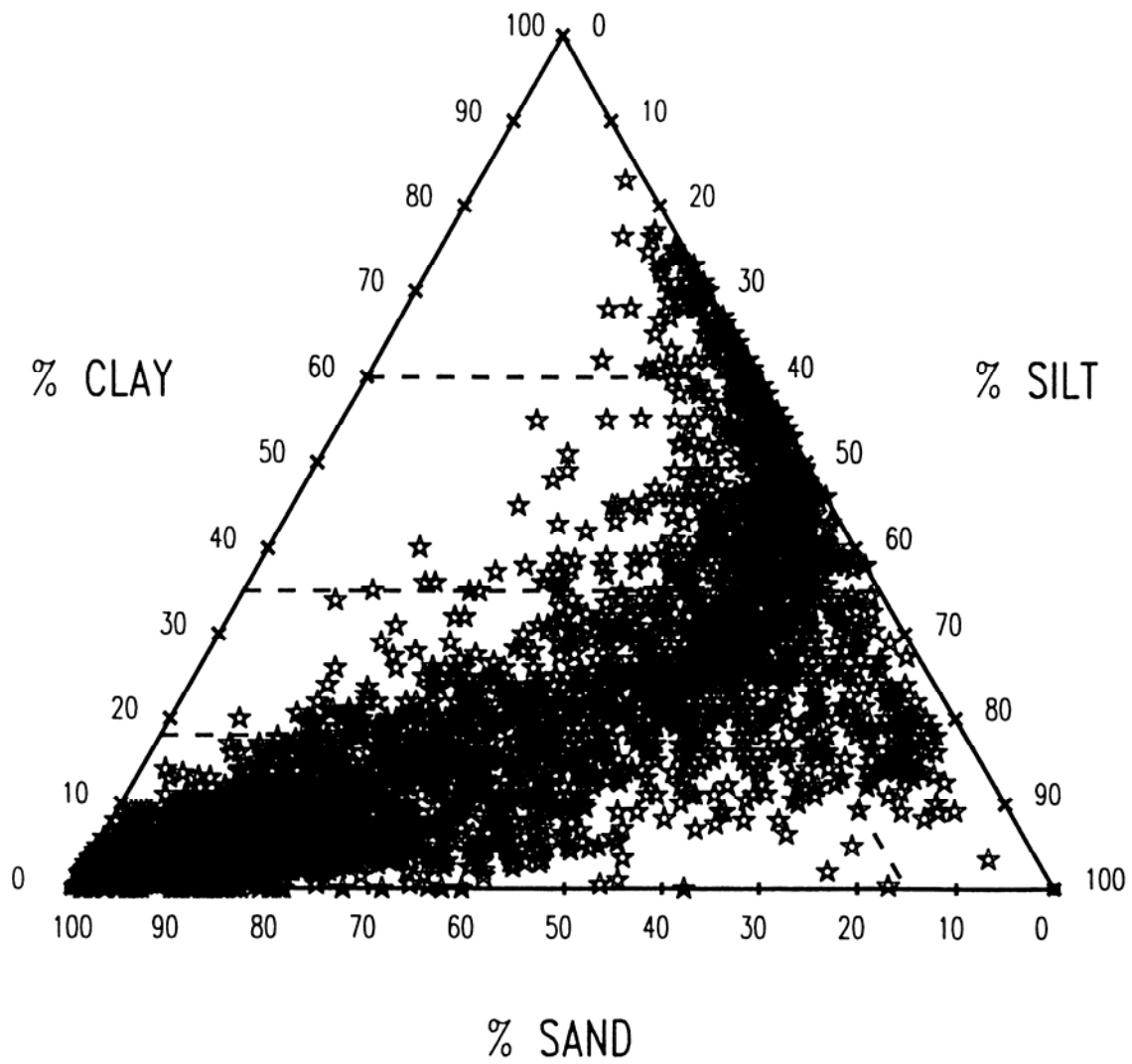


Figure A3.3 Texturfordeling for de jordtyper, som HYPRES er baseret på.

APPENDIX A4

Jordbundsdata fra bibliotek

A4 JORDBUNDSDATA FRA BIBLIOTEK

I tabellerne A4-1a, A4-1b og A4-1c er angivet medianværdier for jordens tekstur og indhold af organisk stof, indhold af carbonat, opdelt efter landskabelement, jordtype og horisont. Medianværdierne er beregnet ud fra data i profildatabasen. For hver kombination er desuden angivet antal af observationer anvendt i median beregningen. Til hver horisont er angivet de beregnede hydrauliske parametre der skal anvendes i Daisy modelberegningerne for kombinationen. Det er vigtigt at disse parametre kun anvendes hvor der ikke foreligger målinger af jordtekstur og organisk stofindhold.

Tabelværdierne er omdannet til et jordbibliotek, der kan anvendes direkte i Daisy eller via DaisyGIS i parameteriseringen af modelopsætninger.

Der er ikke udviklet standarder for JB 8, 9, 10 og 12. Disse jorde udgør hhv. 1 og under 1% af de danske jorde og der er ikke tilstrækkeligt med data i de foreliggende databaser til at generere parametre. Her vil det være nødvendigt med lokale teksturdata, humus og C/N-forhold for at kunne parameterisere jordene. Ligger jordtypen inden for det teksturområde, som Hypres er udviklet på, må pedotransfer-funktionen anvendes til generering af hydrauliske parametre.

Når det drejer sig om organiske jorde, er der et specielt problem knyttet til parameterisering af de organiske puljer. Følgende van-Genuchten-parametre (Wösten et al., 1998) anbefales til beskrivelse af organiske overjorde og underjorde: Residualt vandindhold: 0.01; Mættet vandindhold: 0.766; alfa; 0.013; n 1.2039; l 0.4 og $K_s = 15$ cm/dag i pløjelaget og 8 cm/dag herunder. Jordene kendetegnes ved at indeholde over 10% humus, men det er nødvendigt at placere en del af dette i en inert pulje (SOM3). Dette gøres ved at indføre en ekstra linie i jordfilen:

```
(defhorizon foo default
  (SOM_fractions -1 -1 0.05)
```

Linien skal forstås sådan at det sidste tal (her 0.05) angiver hvor stor en fraktion af humus, der er inaktivt (her sat til 5 procent). Det to andre tal (-1) betyder, at Daisy selv fordeler den resterende humus mellem SOM1 og SOM2-puljerne på baggrund af den værdi for tilbageført organisk stof, der er specificeret andetsteds. I en organisk jord må det forventes at fraktionen skal være stor, og at kun nogle få procent humus indgår i omsætningen.

Tabel A4.1a. Middelværdier, medianværdier og standardafvigelse for A horisont værdier (Pløjelaget) opgjort ud fra JB nummeret. Data stammer fra jordprofildatabasen. Danmarks JordbrugsForskning Parametre genereret med Hypres.

Hor.	JB	Obs	Median værdier for jordtekstur og indhold af organisk stof									Hyd. parametre Van-Genuchten parametre.						
			Ler <2µm	Fin- silt 2-20	Grov- silt 20-63	Finsand			Grov sand >500	Hu- mus	C/N- for- hold	Volu- me- vægt	Res. Vand Indh.	Mæt. Vand.	alpha	n	Ksat Cm/d	l
						63-125	125-200	200-500										
Mean	1	206	3,6	3,4	5,4	7,3	12,9	52,4	12,2	2,83		1,43						
Median	1	206	3,7	2,9	4,4	6,6	11,2	51,0	11,5	2,60	14,2	1,45	0,0	0,395	0,062	1,445	120,9	-0,973
Std.	1	206	0,9	1,9	3,5	4,5	6,9	12,5	8,7	1,63		0,13						
Mean	2	47	4,0	4,9	11,6	23,8	27,8	22,5	2,7	2,74		1,41						
Median	2	47	4,1	4,3	11,4	23,0	24,9	21,8	2,2	2,50	12,8	1,42	0,0	0,412	0,054	1,382	84,33	-0,922
Std.	2	47	0,8	3,0	5,4	9,3	12,5	8,1	2,4	1,53		0,1						
Mean	3	164	6,9	7,1	9,4	10,1	11,1	38,6	13,4	3,13		1,44						
Median	3	164	6,6	6,6	9,3	10,4	11,0	38,7	11,5	2,70	13,3	1,44	0,0	0,406	0,057	1,337	75,24	-1,461
Std.	3	164	1,4	2,8	3,9	3,1	3,8	8,0	6,6	1,72		0,14						
Mean	4	171	7,6	9,7	16,5	17,7	15,2	23,7	6,6	3,04		1,39						
Median	4	171	7,7	10,0	15,8	16,5	14,3	24,1	6,8	2,60	11,6	1,41	0,0	0,420	0,048	1,304	59,26	-1,492
Std.	4	171	1,5	3,1	5,4	5,9	5,3	7,6	3,0	1,66		0,16						
Mean	5	56	12,1	12,2	13,5	12,3	9,6	27,7	9,4	2,85		1,49						
Median	5	56	12,2	12,3	13,6	12,5	10,1	26,9	8,8	2,50	12,8	1,51	0,0	0,391	0,050	1,251	42,47	-2,389
Std.	5	56	1,2	2,5	2,3	1,9	2,3	5,6	2,5	1,67		0,18						
Mean	6	127	12,3	13,3	16,7	15,6	13,0	19,3	6,7	2,72		1,5						
Median	6	127	12,3	13,5	16,1	15,8	12,7	19,5	6,8	2,50	11,0	1,53	0,0	0,386	0,044	1,246	35,26	-2,365
Std.	6	127	1,3	2,5	3,3	3,0	3,2	3,8	2,3	1,59		0,16						
Mean	7	114	17,8	14,4	16,2	14,2	11,0	17,3	6,1	2,82		1,52						
Median	7	114	17,2	14,8	15,2	14,4	11,0	17,2	6,1	2,40	10,4	1,54	0,0	0,386	0,046	1,201	32,43	-3,197
Std.	7	114	2,5	2,6	4,3	3,7	3,0	5,2	2,3	1,58		0,16						

Tabel A4.1b. Middelværdier, medianværdier og standardafvigelser for B horisonter (horisonter med udbredelse fra 30cm til 80 cm dybde) værdier opgjort ud fra JB nummeret. Data stammer fra jordprofildatabasen. Danmarks JordbrugsForskning Parametre genereret med Hypres.

Hor.	JB	Obs	Median værdier for jordtekstur og indhold af organisk stof										Hyd. parametre Van-Genuchten parametre.					
			Ler <2µm	Fine silt 2-20	Grovsilt 20-63	Fin sand 63-125	125-200	200-500	Grov sand >500	Humus		Volu me vægt	Res. Vand Indh.	Mæt. Vand.	alpha	N	Ksat Cm/d ag	L
Mean	1	284	3,4	1,9	3,6	6,0	12,5	55,3	16,3	1,12		1,5						
Median	1	284	3,5	1,5	2,4	4,4	11,9	54,7	11,8	0,80	12,2	1,5	0,0	0,377	0,082	1,580	90,15	-0,335
Std.	1	284	1,0	1,5	3,3	5,2	7,8	13,6	15,0	1,09		0,11						
Mean	2	48	3,8	3,6	11,3	26,4	27,0	23,8	2,7	1,09		1,45						
Median	2	48	3,8	3,4	8,7	23,7	25,7	25,4	2,2	0,90	12,5	1,45	0,0	0,405	0,069	1,458	63,88	-0,300
Std.	2	48	0,7	2,4	8,2	14,6	11,3	10,6	3,0	0,92		0,13						
Mean	3	139	6,9	4,9	9,2	9,2	11,0	41,8	15,3	1,67		1,45						
Median	3	139	6,5	4,7	8,8	9,6	10,9	41,8	12,8	1,00	11,0	1,44	0,0	0,409	0,071	1,388	58,39	-0,937
Std.	3	139	1,5	2,6	4,0	3,7	4,5	9,2	9,6	1,63		0,16						
Mean	4	139	7,2	7,7	16,8	20,2	15,8	24,6	6,7	1,11		1,51						
Median	4	139	6,8	8,0	15,1	18,1	15,3	25,6	6,0	0,80	12,2	1,51	0,0	0,395	0,058	1,349	41,70	-0,717
Std.	4	139	1,5	3,3	8,2	7,4	5,6	8,6	4,0	0,94		0,17						
Mean	5	41	12,2	8,6	11,5	11,5	10,9	31,3	11,1	0,96		1,62						
Median	5	41	11,7	7,7	11,9	12,0	11,2	31,8	11,0	0,50	9,9	1,62	0,0	0,362	0,066	1,274	26,82	-0,154
Std.	5	41	1,5	3,3	3,1	2,3	3,0	8,5	3,1	1,25		0,21						
Mean	6	87	12,4	10,6	17,7	17,9	14,2	19,7	6,5	0,78		1,62						
Median	6	87	12,2	10,1	15,8	17,0	13,8	21,1	6,5	0,50	8,1	1,64	0,0	0,360	0,054	1,249	23,00	-1,574
Std.	6	87	1,3	3,3	6,7	5,2	4,9	6,8	3,3	0,86		0,16						
Mean	7	290	19,7	11,9	14,9	14,7	11,8	19,3	7,2	0,52		1,68						
Median	7	290	19,5	11,6	14,2	14,6	11,5	18,8	7,0	0,40	7,5	1,68	0,0	0,352	0,053	1,169	14,82	-2,809
Std.	7	290	2,8	3,1	4,6	3,8	3,1	5,6	2,8	0,37		0,12						

Tabel A4.1c. Middelværdier, medianværdier og standardafvigelse for C horisont (horisonter med udbredelse fra 100cm dybde) værdier opgjort ud fra JB nummeret. Data stammer fra jordprofil databasen. Danmarks JordbrugsForskning Parametre genereret med Hypres. NB- CN-forhold er ikke angivet for C-horizonten, da omdannelserne forventes at være uden betydning.

Hor.	JB	Obs	Median værdier for jordtekstur og indhold af organisk stof									Hyd. parametre Van-Genuchten parametre.					
			Ler <2µm	Fine silt 2-20	Grovsilt 20-63	Fin sand 63-125	125-200	200-500	Grov sand >500	Humus	Volume vægt	Res. Vand Indh.	Mæt. Vand.	alpha	n	Ksat Cm/dag	L
Mean	1	359	2,7	1,2	3,1	5,5	12,3	57,2	17,5	0,31	1,55						
Median	1	359	2,6	0,5	1,8	3,6	11,3	57,0	12,4	0,20	1,56	0,0	0,355	0,085	1,721	97,11	1,180
Std.	1	359	1,1	1,5	3,4	5,2	8,5	15,3	17,4	0,31	0,1						
Mean	2	97	3,1	1,8	9,6	26,9	31,2	24,9	2,1	0,38	1,55						
Median	2	97	3,1	1,0	6,4	24,0	29,2	27,6	0,7	0,20	1,55	0,0	0,370	0,080	1,557	54,90	1,188
Std.	2	97	1,0	1,8	9,7	14,5	13,7	12,7	3,2	0,41	0,1						
Mean	3	58	7,2	5,6	8,5	10,0	11,5	37,7	14,1	0,48	1,63						
Median	3	58	7,0	4,9	8,4	10,4	11,1	39,1	12,1	0,20	1,63	0,0	0,354	0,075	1,370	29,10	0,240
Std.	3	58	1,5	3,6	3,5	3,2	3,6	14,5	9,6	0,69	0,16						
Mean	4	104	7,4	6,7	18,7	23,0	15,5	21,2	4,9	0,52	1,63						
Median	4	104	7,3	6,1	15,5	18,9	16,2	22,2	4,6	0,30	1,65	0,0	0,354	0,056	1,325	25,86	-0,191
Std.	4	104	1,4	3,6	11,0	10,8	7,8	12,6	4,1	0,77	0,16						
Mean	5	75	12,4	9,7	11,4	11,5	10,5	23,0	8,8	0,35	1,75						
Median	5	75	12,3	10,1	11,7	11,9	10,2	19,0	7,4	0,20	1,79	0,0	0,317	0,043	1,187	11,32	-1,605
Std.	5	75	1,5	3,6	3,5	2,5	2,8	11,6	4,9	0,49	0,18						
Mean	6	89	12,0	9,4	19,6	19,0	13,4	16,2	5,1	0,66	1,67						
Median	6	89	11,9	9,1	17,6	17,1	12,6	16,0	5,2	0,20	1,72	0,0	0,338	0,046	1,223	14,99	-0,983
Std.	6	89	1,3	3,2	8,6	6,5	6,6	9,2	3,6	1,16	0,25						
Mean	7	216	18,9	12,3	16,5	14,4	10,6	16,5	6,2	0,38	1,71						
Median	7	216	18,5	12,1	14,5	14,4	10,8	16,8	6,2	0,20	1,73	0,0	0,339	0,047	1,160	11,01	-2,255
Std.	7	216	2,4	3,3	7,8	5,2	4,1	7,8	3,5	0,62	0,14						

De hydrauliske data omsat til bibliotek

Teksturinddelingerne omsat til USDA-teksturklassifikation.

USDA	Ler	Silt	Finsand	Grovsand	Organisk stof
um	<2	2 til 50	50 til 200	>200	
A horisont					
JB1	3.9	6.4	20.4	66.6	2.8
JB2	4.4	13.0	54.5	25.5	2.7
JB3	6.8	13.5	25.0	51.9	2.8
JB4	7.9	21.5	36.4	31.6	2.7
JB5	12.3	22.0	27.0	36.1	2.5
JB6	12.4	24.9	33.6	26.5	2.5
JB7	17.5	25.8	30.5	23.7	2.4
B horisont					
JB1	3.8	3.5	18.7	73.0	0.9
JB2	4.0	10.1	55.5	29.4	1.0
JB3	6.7	11.3	24.1	56.8	1.0
JB4	7.1	19.3	39.7	33.0	0.8
JB5	11.9	16.2	27.9	43.4	0.5
JB6	12.6	21.8	36.7	28.5	0.5
JB7	20.0	22.0	31.1	26.4	4.0
C horisont					
JB1	2.9	2.0	17.3	77.6	0.2
JB2	3.4	5.9	59.8	30.7	0.2
JB3	7.5	11.5	25.8	54.9	0.2
JB4	8.0	18.6	43.7	29.4	0.3
JB5	14.9	22.0	31.0	31.9	0.2
JB6	13.3	23.8	39.0	23.6	0.2
JB7	19.8	23.8	31.6	24.6	0.2

; hydraulic.dai -- Physical and hydraulic parameters for soil horizons
; Indeholder medianværdier for teksturen i A,B og C horisonterne. Data stammer fra jordprofildata-basen (DJF), men er konverteret til USDA teksturklasser ved brug af linear interpolation mellem teksturklasserne 20 og 63 myrometer. Tallene er derefter normaliseret til 100%.
; hydrauliske parametre er genereret med hypres.

```
(defhorizon Ap_JB1 default
  (clay 3.9)
  (silt 6.4)
  (fine_sand 20.4)
  (coarse_sand 66.6)
  (humus 2.8)
  (C_per_N 14.2)
  (dry_bulk_density 1.45)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.062)
  (n 1.445)
  (K_sat 5.037)
  (Theta_sat 0.395)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -0.973))) ;;
```

```
(defhorizon Ap_JB2 default
  (clay 4.4)
  (silt 13.0)
  (fine_sand 54.5)
  (coarse_sand 25.5)
  (humus 2.7)
  (C_per_N 12.8)
  (dry_bulk_density 1.42)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.054)
  (n 1.382)
  (K_sat 3.514)
  (Theta_sat 0.412)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -0.922))) ;;
```

```
(defhorizon Ap_JB3 default
  (clay 6.8)
  (silt 13.5)
  (fine_sand 25)
  (coarse_sand 51.9)
  (humus 2.8)
  (C_per_N 13.3)
  (dry_bulk_density 1.44)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.057)
  (n 1.337)
  (K_sat 3.135)
```

(Theta_sat 0.406)
(Theta_res 0.0)
(1 -1.461))) ;;

(defhorizon Ap_JB4 default
(clay 7.9)
(silt 21.5)
(fine_sand 36.4)
(coarse_sand 31.6)
(humus 2.7)
(C_per_N 11.6)
(dry_bulk_density 1.41)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.048)
(n 1.304)
(K_sat 2.469)
(Theta_sat 0.420)
(Theta_res 0.0)
(1 -1.492))) ;

(defhorizon Ap_JB5 default
(clay 12.3)
(silt 22.0)
(fine_sand 27.0)
(coarse_sand 36.1)
(humus 2.5)
(C_per_N 12.8)
(dry_bulk_density 1.51)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.050)
(n 1.251)
(K_sat 1.7699)
(Theta_sat 0.391)
(Theta_res 0.0)
(1 -2.386))) ;

(defhorizon Ap_JB6 default
(clay 12.4)
(silt 24.9)
(fine_sand 33.6)
(coarse_sand 26.5)
(humus 2.5)
(C_per_N 11.0)
(dry_bulk_density 1.53)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.044)
(n 1.246)
(K_sat 1.469)
(Theta_sat 0.386)
(Theta_res 0.0)
(1 -2.365))) ;

```
(defhorizon Ap_JB7 default
  (clay 17.5)
  (silt 25.8)
  (fine_sand 30.5)
  (coarse_sand 23.7)
  (humus 2.4)
  (C_per_N 10.4)
  (dry_bulk_density 1.54)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.048)
  (n 1.204)
  (K_sat 1.351)
  (Theta_sat 0.386)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -3.197))) ;
```

```
(defhorizon B_JB1 default
  (clay 3.8)
  (silt 3.5)
  (fine_sand 18.7)
  (coarse_sand 73.1)
  (humus 0.9)
  (C_per_N 12.2)
  (dry_bulk_density 1.50)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.082)
  (n 1.580)
  (K_sat 3.756)
  (Theta_sat 0.377)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -0.335))) ;
```

```
(defhorizon B_JB2 default
  (clay 4.1)
  (silt 10.1)
  (fine_sand 55.5)
  (coarse_sand 29.4)
  (humus 0.96)
  (C_per_N 12.5)
  (dry_bulk_density 1.45)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.069)
  (n 1.458)
  (K_sat 2.662)
  (Theta_sat 0.405)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -0.3))) ;
```

```
(defhorizon B_JB3 default
  (clay 6.8)
```

(silt 11.3)
(fine_sand 24.1)
(coarse_sand 56.8)
(humus 1.04)
(C_per_N 11.0)
(dry_bulk_density 1.55)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.071)
(n 1.388)
(K_sat 2.433)
(Theta_sat 0.409)
(Theta_res 0.0)
(1 -0.937))) ;

(defhorizon B_JB4 default
(clay 7.1)
(silt 19.4)
(fine_sand 39.7)
(coarse_sand 33.0)
(humus 0.84)
(C_per_N 12.2)
(dry_bulk_density 1.51)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.058)
(n 1.349)
(K_sat 1.737)
(Theta_sat 0.395)
(Theta_res 0.0)
(1 -0.717))) ;

(defhorizon B_JB5 default
(clay 11.9)
(silt 16.2)
(fine_sand 27.9)
(coarse_sand 43.5)
(humus 0.51)
(C_per_N 9.9)
(dry_bulk_density 1.62)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.066)
(n 1.274)
(K_sat 1.118)
(Theta_sat 0.362)
(Theta_res 0.0)
(1 -1.504))) ;

(defhorizon B_JB6 default
(clay 12.5)
(silt 21.8)
(fine_sand 36.7)

(coarse_sand 28.5)
(humus 0.52)
(C_per_N 8.1)
(dry_bulk_density 1.64)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.054)
(n 1.249)
(K_sat 0.9584)
(Theta_sat 0.360)
(Theta_res 0.0)
(1 -1.574))) ;

(defhorizon B_JB7 default
(clay 20.0)
(silt 22)
(fine_sand 31.1)
(coarse_sand 26.4)
(humus 0.41)
(C_per_N 7.5)
(dry_bulk_density 1.68)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.053)
(n 1.169)
(K_sat 0.618)
(Theta_sat 0.352)
(Theta_res 0.0)
(1 -2.809))) ;

(defhorizon C_JB1 default
(clay 2.9)
(silt 2.0)
(fine_sand 17.3)
(coarse_sand 77.6)
(humus 0.2)
(dry_bulk_density 1.56)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions
(alpha 0.085)
(n 1.721)
(K_sat 4.046)
(Theta_sat 0.355)
(Theta_res 0.0)
(1 1.180))) ;

(defhorizon C_JB2 default
(clay 3.4)
(silt 5.9)
(fine_sand 59.8)
(coarse_sand 30.7)
(humus 0.2)
(dry_bulk_density 1.55)
(hydraulic M_vG ; van Genuchten/Mualem functions

```
(alpha 0.08)
(n 1.557)
(K_sat 2.288)
(Theta_sat 0.370)
(Theta_res 0.0)
(1 1.188))) ;
```

```
(defhorizon C_JB3 default
  (clay 7.5)
  (silt 11.5)
  (fine_sand 25.8)
  (coarse_sand 54.9)
  (humus 0.21)
  (dry_bulk_density 1.63)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.075)
  (n 1.370)
  (K_sat 1.213)
  (Theta_sat 0.354)
  (Theta_res 0.0)
  (1 0.24))) ;
```

```
(defhorizon C_JB4 default
  (clay 8.0)
  (silt 18.6)
  (fine_sand 43.7)
  (coarse_sand 29.4)
  (humus 0.3)
  (dry_bulk_density 1.65)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.056)
  (n 1.325)
  (K_sat 1.0773)
  (Theta_sat 0.354)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -0.191))) ;
```

```
(defhorizon C_JB5 default
  (clay 14.9)
  (silt 22.1)
  (fine_sand 31.0)
  (coarse_sand 31.9)
  (humus 0.24)
  (dry_bulk_density 1.79)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.043)
  (n 1.187)
  (K_sat 0.472)
  (Theta_sat 0.317)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -1.605))) ;
```

```
(defhorizon C_JB6 default
  (clay 13.3)
  (silt 23.8)
  (fine_sand 39.0)
  (coarse_sand 23.6)
  (humus 0.22)
  (dry_bulk_density 1.72)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.046)
  (n 1.223)
  (K_sat 0.6246)
  (Theta_sat 0.3382)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -0.983))) ;
```

```
(defhorizon C_JB7 default
  (clay 19.8)
  (silt 23.8)
  (fine_sand 31.6)
  (coarse_sand 24.6)
  (humus 0.21)
  (dry_bulk_density 1.73)
  (hydraulic M_vG      ; van Genuchten/Mualem functions
  (alpha 0.047)
  (n 1.16)
  (K_sat 0.4588)
  (Theta_sat 0.3385)
  (Theta_res 0.0)
  (1 -2.255))) ;
```

```
; END OF FILE
```

APPENDIX A5

***Initialisering og parameterisering
af jordens organiske puljer***

A5 INITIALISERING OG PARAMETERISERING AF JORDENS ORGANISKE PULJER

A5.1 Omsætningsmodellen

Jordens organiske stof er i Daisy opdelt i puljer med forskellige omsætningshastigheder. Jordens levende organismer, som udfører den aktive biologiske omsætning, er beskrevet med to mikrobielle biomasse puljer, SMB1 og SMB2, mens jordens døde organiske stof, jordens humus populært, er beskrevet med to puljer, SOM1 og SOM2. Derudover defineres der i modellen to puljer for tilført organisk materiale, AOM1 og AOM2, ved hver tilførsel enten i form af planterester afstødt under væksten samt efterladt på marken efter høst (f.eks. halm) eller tilført som en del af organisk gødning (f.eks. gylle).

Omsætningen mellem disse puljer er vist skematisk i Fig. A5.1. Hver puljes nedbrydning beskrives ved 1. ordens kinetik, hvor hastighedskonstanterne påvirkes af abiotiske faktorer som vandindhold, temperatur og lerindhold. Parametrene, dvs. hastighedskonstanter, opsplitningen af strømme og udnyttelseeffektiviteter relaterer alle til kulstofindholdet, og kvælstofindholdet har således ingen direkte indflydelse på omsætningen. Indirekte har kvælstofindholdet alligevel en indflydelse på omsætningen, idet enkeltprocesser, der forbruger kvælstof, dvs. immobiliserende processer, bliver begrænset, hvis der mangler tilgængeligt uorganisk kvælstof.

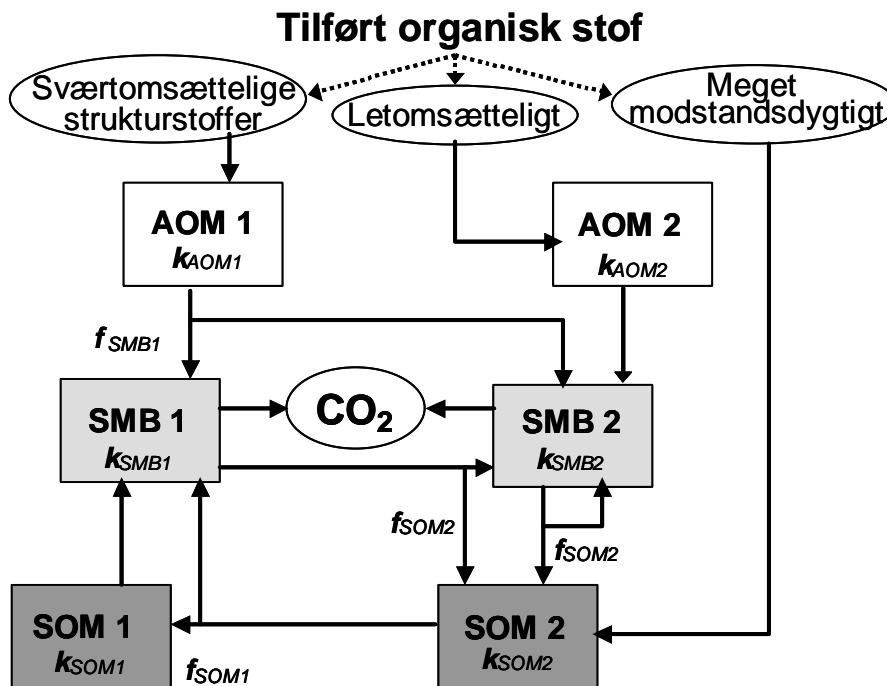


Fig. A5.1 Struktur for Daisy's modul for omsætning af organisk materiale i jord.

Kvælstofindholdet i hver organisk pulje angives med fast CN-forhold, der altså ikke kan variere under en simulering, dog således at start CN-forholdet i AOM-puljerne afhænger af CN i det materiale, der tilføres.

Ved opstart af Daisy defineres andelen af totalt C, som allokeres til henholdsvis SOM1 og SOM2 ud fra enten i) et nøje kendskab til jorden, dens forhistorie og erfaring med

simuleringer med den eller ii) et estimat af gennemsnitligt årligt kulstofinput og jordens humusindhold som modellen anvender til selv at beregne en initial fordeling mellem SOM-puljerne. (se nedenfor). SMB1 og SMB2 fastsættes således, at de er i balance med de øvrige SOM og AOM puljer (dette kan som regel ikke umiddelbart rammes ved initialisering, men opfyldes i stedet gennem at køre en passende opvarmningsperiode, her minimum 10 år).

I et projekt der drejede sig om konsekvenser af udtag af halm og træflis for jordens kulstofindhold (B.T. Christensen, ed., 2002; Bruun et al., 2003) er der foretaget en nykalibrering og nyvalidering af Daisy på langtidsdata under danske forhold. Nykalibreringen har været nødvendig, eftersom dynamikken i jordens kulstofindhold blev underestimeret i alle behandlinger med den oprindelige Daisy version. De parametre i omsætningsmodellen som er ændret i nykalibreringen kan ses i Tabel A5.1. De nykalibrerede parametre har kun givet anledning til relativt små ændringer i kvælstofudvaskning og afgrødeudbytter (Christensen et al., 2002).

Tabel A5.1 Parametre i SOM modellen som er ændret ved den nye parameterisering (Bruun et al., 2003)

Ændrede parametre	Parameterisering	
	Original (Hansen et al., 1991)	Ny (Bruun et al., 2003)
Nedbrydningskonstant for SOM1 (k_{SOM1})	$2,7 \cdot 10^{-6} \text{ dag}^{-1}$	$4,3 \cdot 10^{-5} \text{ dag}^{-1}$
Fraktion af SOM2 til SOM1 (f_{SOM1})	0,1	0,3
Fraktion af AOM1 til SMB1, (f_{SMB1})	0,5	0,0

Nykalibrering er foretaget med den oprindelige version af Daisy, der ikke inkluderede simulering af rhizodeposition, hvorfor der i kalibreringen tilførtes et estimat for rhizodepositionen baseret på de få pålidelige eksperimentelle undersøgelser af rhizodeposition med ^{14}C pulsmærkninger af kornafgrøder (Bruun et al., 2003). Den nye version af Daisy (Abrahamsen et al., 2001) indeholder derimod mulighed for simulering af løbende rhizodeposition m.m., hvor afgrødemodulet er modificeret således at rodafstødning og bladtab er en potentiel mulighed afhængig af definerede afgrødeparametre og den nye kalibrering anses derfor også gyldig for den nuværende version af modellen. Derfor er disse parametre indført i den nye version af Daisy.

A5.2. Sensitivitetsanalyse for udvikling i organisk stof indhold i jorden

Med den nye version af Daisy er der derfor foretaget langtidssimuleringer (op til ca. 1300 år), hvor vejrdata har bestået i gentaget brug af henholdsvis Taastrup, Årslev og Jyndevad klimagrid. Sædskiftet med længde på 8 år har i alle simuleringer været vårbyg, vinterbyg, vinterhvede + efterafgrøde(græs), roer, vårbyg, vinterhvede, vinterhvede, brak (græs).

Simuleringerne er gennemført for de 3 modeljorde JB1, JB4 og JB6, med humus-indhold i pløjelaget på henholdsvis 2,0%, 2,4% og 2,7% humus (1,16% C, 1,39% C og 1,57% C) og humusindhold i underjorden på henholdsvis 0,9% 0, 2% og 1% humus. I Daisy antages 58.7% af humusindholdet at være kulstof. CN-forholdet for SOM-puljerne har for JB4- og JB6-jordene været 11, mens simuleringerne for JB1-jorden er blevet gennemført for CN-forhold på 11 og 18. Modeljordene blev valgt på baggrund af den mættede hydrauliske ledningsevne, og derfor ikke humusindholdet, og den tidligere brugsform er ikke umiddelbart kendt.

I (Heidmann et al., 2001) er C-indholdet og CN-forholdet i pløjelaget for Kvadratnetpunkter for JB1, JB4 og JB6, midlet over alle brugsformer, fundet til henholdsvis 2,34% og 16,1,

2,10% og 13,5, og 1,50% og 10,9. De anvendte C-indhold for de simulerede 3 jorde er derfor ikke helt repræsentative for de i Kvadratnettet fundne værdier.

Gødningstrategierne har været normalgødskning uden udbyttekorrektion ifølge Vejledning og skemaer....(Plantedirektoratet, 2002) og har bestået i

- 1) mineralsk gødning med fjernelse af alt overjordisk plantemateriale undtagen stub
- 2) mineralsk gødning med fjernelse af kun primært udbytte, dvs. halm nedmuldet
- 3) ½ mineralsk gødning og resten i form af svinegylle med fjernelse kun af primært udbytte
- 4) fuldgødet med svinegylle, med fjernelse kun af primært udbytte
- 5) svinedybstrøelse, med fjernelse kun af primært udbytte

Disse gødningsscenarier har resulteret i forskelligt input af organisk stof.

Tabel A5.2 C-Input (kg/ha) for 0-18 cm i gennemsnit for jorderne udsat for de 5 forskellige gødningstrategier

Gødningsscenarie	Gødning kg C/ha	Planterester kg C/ha	Rodafstødning m.m. kg C/ha	I alt kg C/ha
1	0	1675	396	2071
2	0	3900	410	!Invalid Character Setting
3	367	4164	431	4595
4	732	4436	452	4888
5	2857	4865	500	5365

Det skal bemærkes at der i scenariet med svinedybstrøelse er tilført en gennemsnitlig mængde der er større end hvad der normalt vil forekomme i praksis. Dette er gjort for at sikre at hele spektret af potentielle C-input var medtaget.

På de følgende sider ses i Figur A5.2-A5.4 simuleringsresultater for 0-18 cm for hver af de 3 jordtyper med hvert gødningsscenarie. I figurerne til venstre er de årlige simulerede SOM1 fraktioner pr. 31/3 vist for en periode på ca. 1100 år. Tilsvarende er i de højre figurer vist totalindholdet af organisk C.

SOM1 fraktion er initialt sat til 0,49. Dette er, som det fremgår af figurerne, den langsigtede stabile værdi af SOM1 for alle niveauer af årligt C-input. Ligevægtsindholdet af total C varierer derimod med årligt C-input og lerprocent. Det ses at kulstofmængden falder i scenarierne uden halmnedmuldning (gødningsscenarie 1), er nogenlunde i ligevægt med halmnedmuldning (gødningsscenarie 2) og stiger med husdyrgødning. Det fremgår imidlertid også, at det tager meget lang tid før en ny ligevægt i total C indhold er opnået, typisk 100-300 år, længere jo mere leret jorden er.

Total kulstofindhold af en given jord vil altså stige eller falde alt efter

- i) gødskningsstrategien (både niveauet, som påvirker primærproduktionen og dermed produktionen af afgrøderester m.m., og typen, dvs. f.eks. handelsgødning, gylle m. lille indhold af organisk stof eller tørstofrig dybstrøelse)
- ii) hvor meget der efterlades af afgrøderester (dvs. både afhængig af afgrøde og udbytte-niveau, såvel som strategi for nedmuldning eller fjernelse til f.eks. kraftvarmeverk)
- iii) jorden C-indhold ved initialisering af simuleringen (enten målt eller som standard ud fra kendskab til jordtype og dermed den respektive modeljords humusindhold)

Et givent gennemsnitligt C input vil altså på sigt resultere i et givet ligevægtsindhold af total C i jorden, se figur A5.5 for denne relation som funktion af forskellige jordes lerindhold.

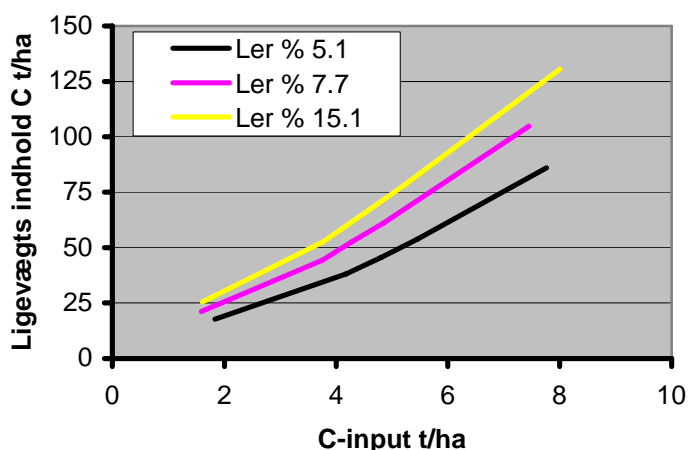


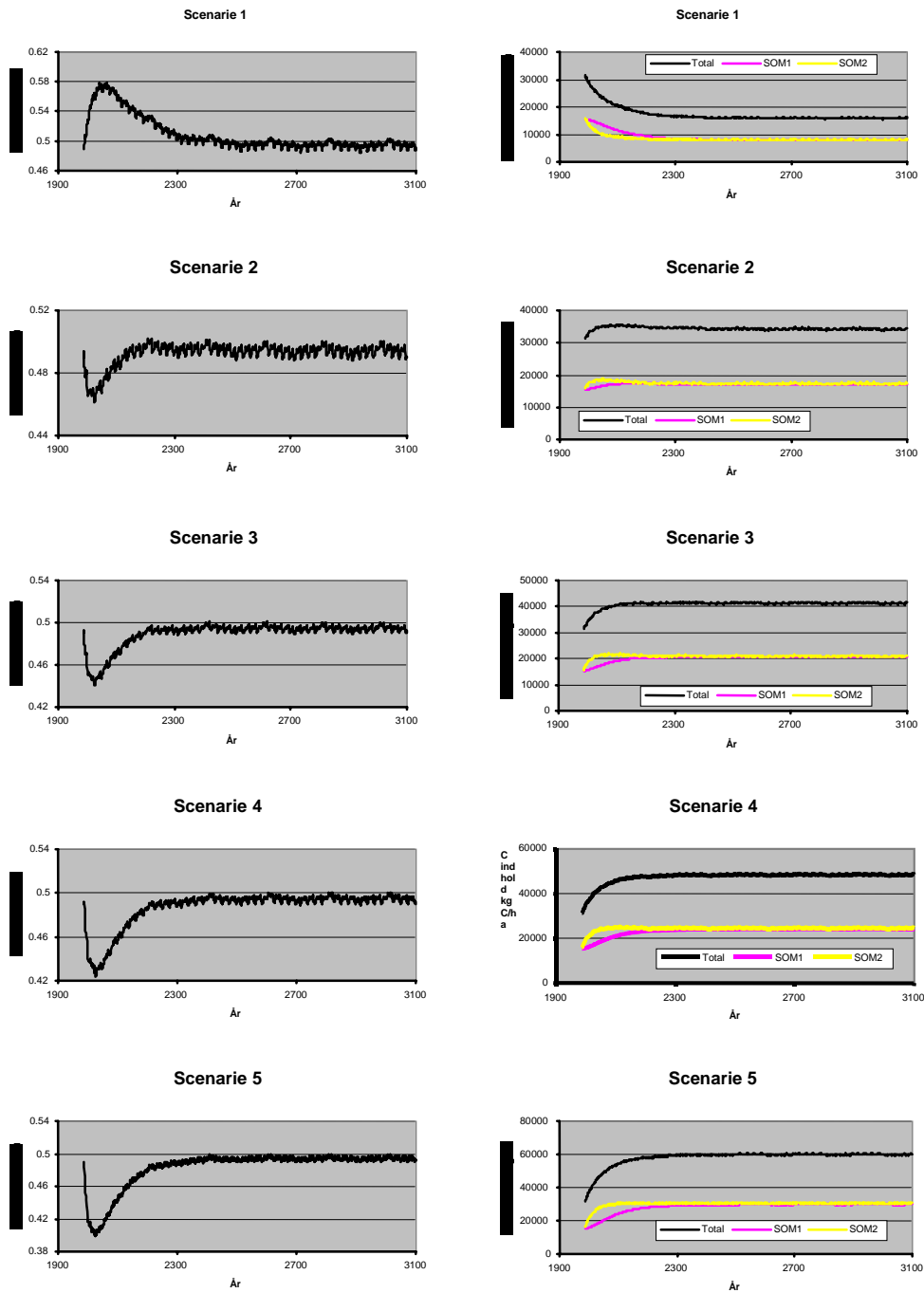
Fig A5.5 Ligevægts C-indhold i pløjelaget ved forskellige C-input og for forskellige lerprocenter

Dette betyder at hvis jorden indeholder et højere total C-indhold end der kan opretholdes med den anvendte afgrøde- og gødningsstrategi, så vil total C indholdet falde og vice-versa. Dette gælder faktisk uanset hvad SOM1/SOM fraktionen initialiseres til, ligevægtsniveauet af total C vil være det samme på langt sigt (dvs. 100-300 år). Hastigheden hvormed denne ændring sker med i starten af forløbet vil imidlertid i nogen grad afhænge af hvad SOM1/SOM fraktionen initialiseres til.

Problemet er at SOM1 og SOM2 fraktionerne er rene konceptuelle størrelser, som ikke har nogen målelig eller parallel fraktion i jorden. Det giver imidlertid ikke mening at forholdet mellem de 2 puljer, udtrykt ved SOM1/SOM, skulle forløbe som de fleste forløb i Figur A5.2-A5.4, med et kraftigt udsving, i hvert fald ikke hvis simuleringen også repræsenterer en praksis der forud for simuleringens start har været nogenlunde konstant.

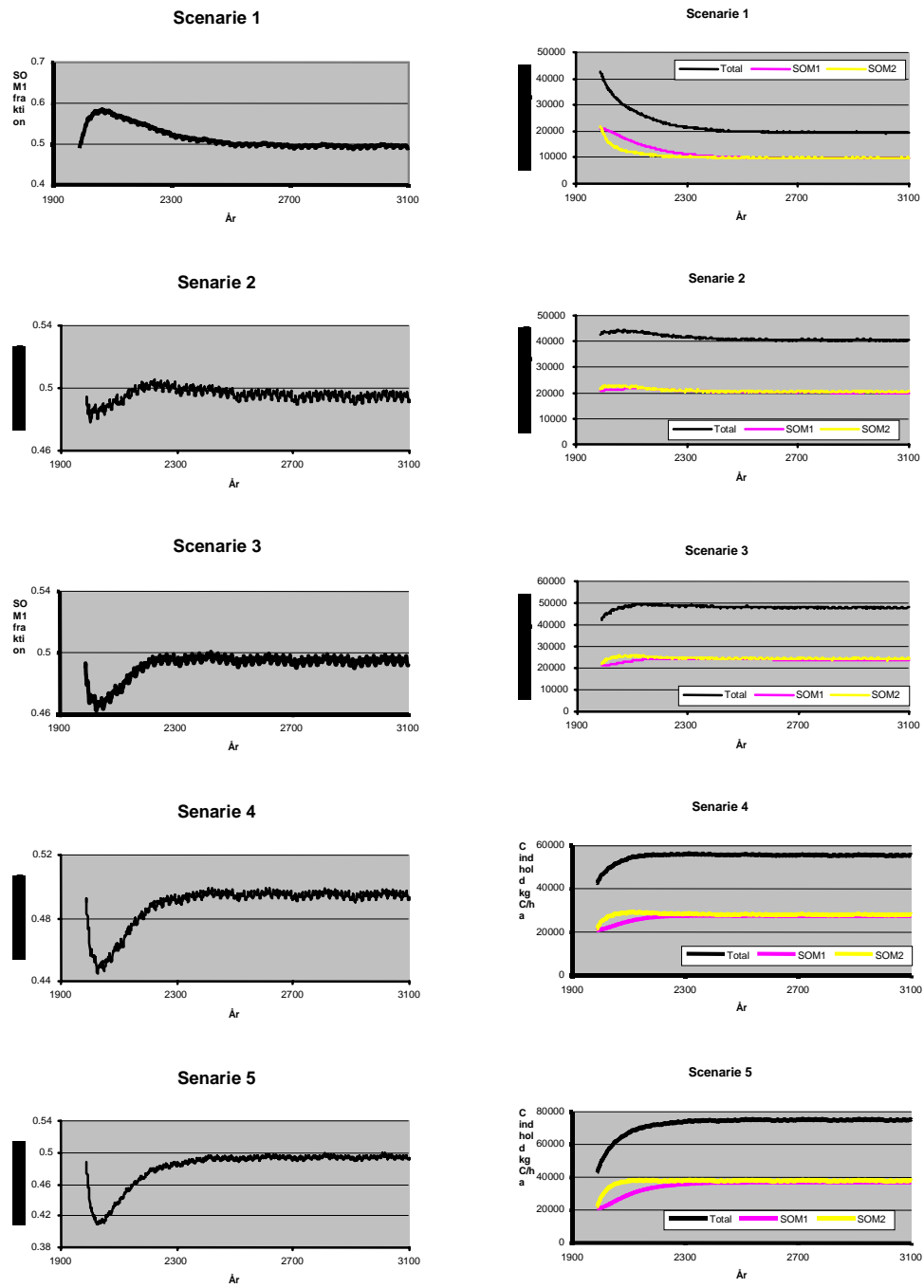
Derfor er en automatisk beregning af fordeling mellem SOM1 og SOM2 fraktionerne implementeret i modellen, som baserer sig på det gennemsnitlige årlige input af C, jordens indhold af C (og dermed et estimat for hvor langt fra ligevægtstilstanden systemet ligger) og en antagelse om at ændringen i SMB puljerne er nul når quasi-ligevægt er opnået og ændringen i SOM1/SOM begynder at gå mod ligevægtsværdien. Dette tjener i denne sammenhæng udelukkende det formål at forhindre for voldsomme (og dermed urealistiske) fald eller stigninger i total C (og dermed total N) i de første 10-20 år fra simuleringens start.

JB1 modeljord



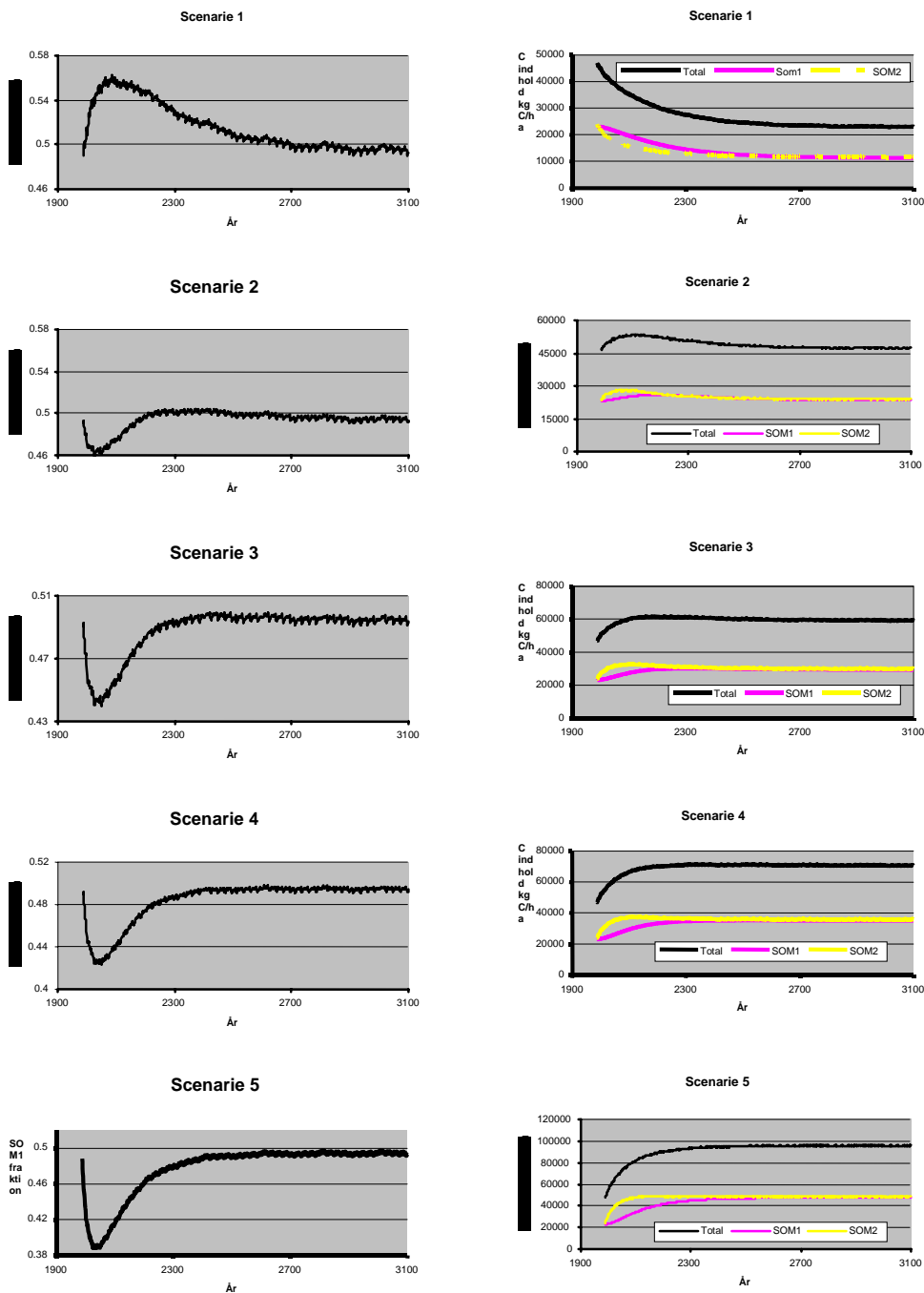
Figur A5.2 SOM1-fraktion og totalt C indhold i JB1 jorden (0-18 cm) i de forskellige scenarier.

JB4 modeljord



Figur A5.3 SOM1-fraktion og totalt C indhold i JB4 jorden (0-18 cm) i de forskellige scenarier.

JB6 modeljord



Figur A5.4 SOM1-fraktion og totalt C indhold i JB6 jorden (0-18 cm) i de forskellige scenarier.

A5.3 Sensitivitetsanalyse af SOM1/SOM fraktionens effekt på nitrat-udvaskningen.

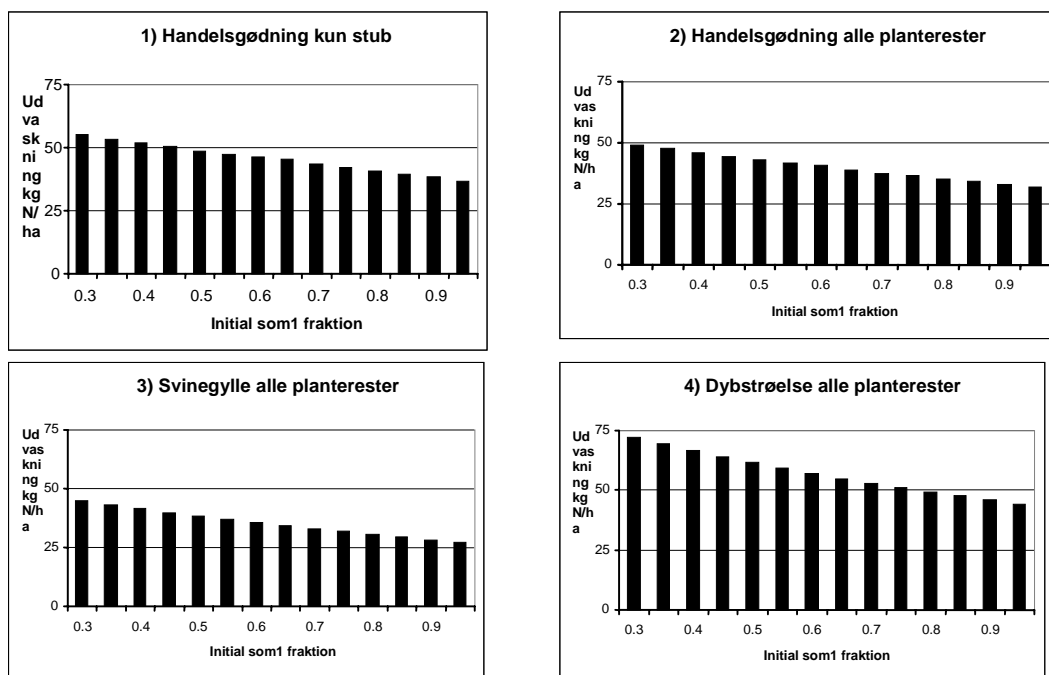
Det altafgørende spørgsmål i forbindelse med anvendelse af denne parameterisering af Daisy er udvaskningsberegningernes følsomhed for initial SOM1/ SOM fraktion. Dette er derfor analyseret for JB4 modeljorden med humusindhold på 2,4% (1,39%C) med kontinuert vårbyg; Taastrup grid, periode: 1/7-86 til 1/4-2001. Følgende gødningsstrategier er anvendt

- 1) Handelsgødning, 100 kg N/ha med inkorporering af kun stub.

- 2) Handelsgødning, 100 kg N/ha med inkorporering af alle planterester.
- 3) Svinegylle, 23,4 t/ha/år (133 kg total N =100 kg effektivt N/ha) med inkorporering af alle planterester.
- 4) Dybstrøelse 20,3 t/ha/år (222 kg N =100 kg effektivt N/ha) med inkorporering af alle planterester.

De 4 første år af simuleringsperioden er anvendt som opvarmning. Udvaskningen er beregnet som snit af de sidste 10 års simuleringsperiode. Initial SOM1/SOM fraktion har været varieret mellem 0.30 og 0.95. Simuleringsperioden indeholder både gode og dårlige år mht. væksten.

Resultatet ses af figur A5.6. Handelsgødning med halmnedmuldning (alle planterester) giver for alle SOM1 fraktioner lidt mindre nitrat udvaskning, hvilket er forventeligt. Svinegylle giver omtrent samme værdi som handelsgødning med alle planterester. Dybstrøelse giver som ventet størst nitrat udvaskning for alle SOM1 fraktioner.



Figur A5.6 Følsomhedsanalyse af den simulerede nitratudvaskning afhængig af den initiale SOM1/SOM fraktion, for 4 forskellige gødningsstrategier.

Gennemgående er der ikke stor sensitivitet for initial SOM1/ SOM fraktionen. Indenfor det interval der angives i figur A5.7 (0,30-0,95) ses der en variation i gennemsnitlig udvaskning fra 55 til 37 kg N/ha med handelsgødning og halmfjernelse til 72-44 kg N/ha med dybstrøelse. SOM1/SOM fraktionens initialværdi vil som det fremgår af figur A5.4-6 normalt ligge i et maksimalt interval på 0,3-0,7 og det anslås derfor ikke at få meget afgørende betydning, det vil i langt højere grad være hvor langt den pågældende jords C-indhold er fra ligevægtsniveauet, der er afgørende.

A5.4. Initialisering af Daisys model for jordens organiske stof.

Ovenstående analyser har været øvelser til at klarlægge, hvordan Daisys model for jordens organiske stof bedst kan initialiseres med ændrede parametre.

Det fremgår, at der ikke er nogen problemer med disse parametre for pløjelaget. For underliggende lag er effekten, at den ny rekalibrerede nedbrydningshastighed formodentlig er for høj (pga. ringe ilttilgængelighed, større fysisk beskyttelse etc.) med det resultat, at normalt forekommende tilførsler fra roden ikke er store nok til at opretholde en balance i kulstof mængden og derfor vil der typisk mineraliseres for meget kvælstof i underjorden. Dette forhold er det forsøgt taget højde for ved at indføre en yderligere SOM-pulje, SOM3, som betragtes som biologisk inert eller i hvert fald så modstandsdygtigt overfor nedbrydning at det ikke har betydning. Initialiseringsberegningen af inert C (SOM3) i underjorden forløber dog helt automatisk samtidig med beregningen af initial SOM1 og SOM2. Fordelingen er her baseret på at SOM3 skal være så stor at det gennemsnitlige rod C input kan opretholde en ligevægt i det resterende organiske stof allokeret til SOM1 og SOM2.

APPENDIX A6

Eksempler på afgrødefølger

A6 EKSEMPLER PÅ AFGRØDEFØLGER

Kont vårbyg				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	84	Vårbyg	Vårbyg	Vårbyg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

Kont vårbyg med maks. Udlæg				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	90	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	0	Vårbyg	Vårbyg	Vårbyg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

Kont vårbyg med 40 pct. Udlæg				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	40	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	50	Vårbyg	Vårbyg	Vårbyg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

Kont vinterhvede				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	84	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

10 pct. Vinterraps				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	64	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	10	Vinterbyg/raps	Vinterraps/vinterbyg	Vinterbyg/raps
mark 4	10	Vinterraps/vinterbyg	Vinterbyg/raps	Vinterraps/vinterbyg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

20 pct. Vinterraps				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	44	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	20	Vinterbyg/raps	Vinterraps/vinterbyg	Vinterbyg/raps
mark 4	20	Vinterraps/vinterbyg	Vinterbyg/raps	Vinterraps/vinterbyg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

30 pct. Vinterraps				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	24	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	30	Vinterbyg/rap	Vinterraps/vinterbyg	Vinterbyg/rap
mark 4	30	Vinterraps/vinterbyg	Vinterbyg/rap	Vinterraps/vinterbyg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

10 pct. Ærter				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	64	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	10	Vinterbyg	Ærter	Vinterbyg
mark 4	10	Ærter	Vinterbyg	Ærter
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

20 pct. Ærter				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	44	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	20	Vinterbyg	Ærter	Vinterbyg
mark 4	20	Ærter	Vinterbyg	Ærter
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

30 pct. Ærter				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	24	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	30	Vinterbyg	Ærter	Vinterbyg
mark 4	30	Ærter	Vinterbyg	Ærter
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

10 pct. Frøgræs				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	5	Vårbyg m udlæg	Frøgræs	Frøgræs
mark 2	75	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	5	Frøgræs	Vårbyg m udlæg	Frøgræs
mark 4	5	Frøgræs	Frøgræs	Vårbyg m udlæg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

20 pct. Frøgræs				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	5	Vårbyg m udlæg	Frøgræs	Frøgræs
mark 2	65	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	10	Frøgræs	Vårbyg m udlæg	Frøgræs
mark 4	10	Frøgræs	Frøgræs	Vårbyg m udlæg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

30 pct. Frøgræs				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	5	Vårbyg m udlæg	Frøgræs	Frøgræs
mark 2	55	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	15	Frøgræs	Vårbyg m udlæg	Frøgræs
mark 4	15	Frøgræs	Frøgræs	Vårbyg m udlæg
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

10 pct. Fabriksroer				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	64	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	10	Vinterbyg	Fabr.roer	Vinterbyg
mark 4	10	Fabr.roer	Vinterbyg	Fabr.roer
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

20 pct. Fabriksroer				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	44	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	20	Vinterbyg	Fabr.roer	Vinterbyg
mark 4	20	Fabr.roer	Vinterbyg	Fabr.roer
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

30 pct. Fabriksroer				
	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	24	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	30	Vinterbyg	Fabr.roer	Vinterbyg
mark 4	30	Fabr.roer	Vinterbyg	Fabr.roer
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

10 pct. Kartoffler

	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	64	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	10	Vinterbyg	Kartofler	Vinterbyg
mark 4	10	Kartofler	Vinterbyg	Kartofler
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

20 pct. Kartoffler

	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	44	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	20	Vinterbyg	Kartofler	Vinterbyg
mark 4	20	Kartofler	Vinterbyg	Kartofler
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

30 pct. Kartoffler

	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg	Vårbyg m udlæg
mark 2	24	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede
mark 3	30	Vinterbyg	Kartofler	Vinterbyg
mark 4	30	Kartofler	Vinterbyg	Kartofler
mark 5	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

Alsidigt sædskifte

	ha	2001	2002	2003
mark 1	6	Vårbyg m udlæg	Vårbyg	Vårbyg m udlæg
mark 2	44	Vinterhvede	Vinterbyg	Vinterhvede
mark 3	10	Vårraps/ærter	Vårbyg m. udlæg	Vårraps/ærter
mark 4	10	Vinterraps	Vinterhvede	Vinterbyg
mark 5	10	Vinterbyg	Vinterraps	Vinterhvede
mark 6	10	Vinterhvede	Vinterbyg	Vinterraps
mark 7	10	Brak	Brak	Brak
I alt	100			

Kvægbrug

	Kendetegn	Jordtype	Geografi	de.	Afgrøder
1		Sand	Jylland	1.7/2.3	Grønært eller grønbyg m. udlæg af kløvergræs 1. års kløvergræs 2. års kløvergræs 3. års kløvergræs
2		Sand	Jylland	1.7/2.3	Grønært eller grønbyg m. udlæg af kløvegræs 1. års kløvergræs 2. års kløvergræs Majs (evt. med græsudlæg)
3		Sand	Jylland	1.7/2.3	Grønært eller grønbyg m. udlæg af kløvegræs 1. års kløvergræs 2. års kløvergræs Majs (evt. med græsudlæg) Majs eller korn
4		Ler	Øerne	1.7/2.3	Vinterhvede (høst primo sept.)/grønrug m. kl. græs udl. Kløvergræs til slæt Majs
5		Ler	Øerne	1.7/2.3	Majs Majs Majs

APPENDIX A7

Dyrkningsbeskrivelser for udvalgte afgrøder

A7 DYRKNINGSBESKRIVELSER FOR UDVALGTE AFGRØDER

Afgrøde	Høst af forfrugt	Efterår								
		Stubharvning	Efterårspløjning	Såbedsharvn.	Såning	Tromling	Gødningsudbr.	Ukrudtsprøjt.	Skadedyr	Mangan
Vårbyg		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Vårhvede		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Vinterhvede		1.9	18.9	19.9	20.9	21.9	-	15.10(tokimbl)	-	-
Vinterbyg		18.8	18.9	19.9	20.9	21.9	-	7.10(frøukr.)	-	1.11
Vinterrug		18.8	18.9	19.9	20.9	21.9	-	7.10(frøukr.)	-	1.11
Vintertriticale		1.9	18.9	19.9	20.9	21.9	-	9.10(tokimbl.)	25.10(bladlus)	25.10, 15.11
Markært		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Vårraps		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Vinterraps		30.7	8.8	9.8	10.8	11.8	-	1.9(tokimbl., spildkorn), 1.11(græs)	1.9(jordlopper)	1.10
Alm. rajgræs		-	-	-	-	-	-	15.8	-	-
Rødsvingel, 1. år		-	-	-	-	-	1.10(60N)	15.8	-	-
Rødsvingel, 2. år		-	-	-	-	-	1.10(60N)	-	-	-
Kartofler, fabrik		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Fabriksroer, -top		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Foderroer		1.9	1.11	-	-	-	-	18.10(kvik)	-	-
Helsæd (byg)		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Silomajs		1.9	1.11	-	-	-	-	18.10(kvik)	-	-
Silomajs (økol.)		1.9	1.11	-	-	-	-	-	-	-
Græsudl. i korn, rent græs. Slæt		-	-	-	-	-	1.9	-	-	-
Græsudl. i helsæd, rent græs. Slæt		-	-	-	-	-	1.8	-	-	-
Græsudl. i grønkorn, rent		-	-	-	-	-	1.7	-	-	-

græs. Slæt										
Græsudl. i korn, kløvergræs. Slæt		-	-	-	-	-	1.9	-	-	-
Græsudl. i helsæd, kløvergræs. Slæt		-	-	-	-	-	1.8	-	-	-
Græsudl. i grønkorn, kløvergræs. Slæt		-	-	-	-	-	1.7	-	-	-
Græs 2. år. Rent græs		-	-	-	-	-	1.8	-	-	-
Græs 2. år. Kløvergræs		-	-	-	-	-	1.8	-	-	-

Forår 1									
Afgøde	Ukrudtssprøjt.	Forårsplojning	Harvn.	Gødningsudbr.	Såbedsharvn.	Såning	Tromling	Mangan	Vækstreg.
Vårbyg	15.5(tokimbl.)	1.3	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	-	-
Vårhvede	10.5(tokimbl.), 12.8(kvik)	1.3	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	15.5	1.6
Vinterhvede	1.4(tokimbl.)	-	-	15.3(80N), 1.5(rest N)	-	-	-	1.4	10.5
Vinterbyg	1.4(tokimbl.)	-	-	15.3, 15.4	-	-	-	1.4	10.5
Vinterrug	1.4(tokimbl.)	-	-	15.3, 15.4	-	-	-	1.4	15.4
Vintertriticale	1.4(tokimbl.), 28.7(kvik)	-	-	15.3, 15.4	-	-	-	1.4	10.5
Markært	20.4(tokimbl.)	1.3	1.4	-	3.4	4.4	5.4	-	-
Vårraps	25.4(frøukrudt)	1.3	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	-	-
Vinterraps	20.4(tokimbl.)	-	-	1.4	-	-	-	1.4	-
Alm. rajgræs	15.4	-	-	1.4	-	-	-	-	-
Rødsvingel, 1. år	15.4	-	-	15.3(60N)	-	-	-	-	10.5
Rødsvingel, 2. år	-	-	-	15.3(60N)	-	-	-	-	10.5
Kartofler. fabrik	10.5. 20.6	1.3	-	10.4	11.4	12.4	-	1.6, 16.6	-
Fabriksroer. -top	25.4(tokimbl.). 3.5(tokimbl.)	1.3	-	10.4	11.4	12.4	-	16.5	-
Foderroer	15.5(tokimbl.). 15.6(tokimbl.)	1.3	-	10.4	11.4	12.4	-	16.5, 15.6	-
Helsæd (byg)	15.5(tokimbl.)	1.3	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	-	-
Silomajs	20.5(tokimbl.). 20.6(tokimbl.)	1.3	16.4	1.5	26.4	27.4	28.4	1.6	-
Silomajs (økol.)	Silomajs (økol.)	1.3	16.4	-	26.4	27.4	28.4	-	-
Græsudl. i korn, rent græs. Slæt	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7, 1.8	-	-	-	-	-
Græsudl. i helsæd, rent græs. Slæt	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7, 1.8	-	-	-	-	-
Græsudl. i grønkorn,	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7, 1.8	-	-	-	-	-

rent græs. Slæt									
Græsudl. i korn, kløvergræs. Slæt	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7	-	-	-	-	-
Græsudl. i helsæd, kløvergræs. Slæt	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7	-	-	-	-	-
Græsudl. i grønkorn, kløvergræs. Slæt	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7	-	-	-	-	-
Græs 2. år. Rent græs	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7, 1.8	-	-	-	-	-
Græs 2. år. Kløvergræs	-	-	-	15.3, 1.6, 1.7	-	-	-	-	-

* Ved afgræsning slættes de 2 førstegange og derefter afgræsses

Forår 2										
Afgrøde	Skadedyr	Svampespr.	Strigling	Gasbrænding	Ukrudtsharvn.	Vanding	Ukrudtsharvn.	Radrensn.	Hypning	Høst
Vårbyg	1.7(bladlus)	15.6(meldug)	-	-	-	-	-	-	-	15.8
Vårhvede		1.6, 20.6	-	-	-	-	-	-	-	1.9
Vinterhvede	1.7(bladlus)	15.5(meldug), 5.6(brunpl.)	-	-	-	-	-	-	-	20.8
Vinterbyg	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	20.7
Vinterrug	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	10.8
Vintertriticale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.8
Markært	20.4(bladr.b.), 10.6(bladlus)	-	-	-	-	-	-	-	-	15.8
Vårraps	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.8
Vinterraps	2.5(glimmerb.)	26.5	-	-	-	-	-	-	-	20.7
Alm. rajgræs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.8
Rødsvingel, 1. år	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8
Rødsvingel, 2. år	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8
Kartofler. fabrik	-	1.7	-	-	-	1.8	-	-	-	15.10
Fabriksroer. -top	18.5, 1.7(bladlus)	-	-	-	-	-	-	-	-	15.10
Foderroer	16.5, 10.6(bladlus)	-	-	-	-	-	-	-	-	25.10
Helsæd (byg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.7
Silomajs	20.5 (fritfluer)	-	-	-	-	1.6	-	-	-	20.10
Silomajs (økol.)	-	-	7.5	20.5	27.5	-	20.5, 3.6, 10.6, 17.6	15.6, 25.6	25.6	1.10
Græsudl. i korn, rent græs. Slæt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*

Græsudl. i helsæd, rent græs. Slæt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*
Græsudl. i grønkorn, rent græs. Slæt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*
Græsudl. i korn, kløvergræs. Slæt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*
Græsudl. i helsæd, kløvergræs. Slæt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*
Græsudl. i grønkorn, kløvergræs. Slæt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*
Græs 2. år. Rent græs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*
Græs 2. år. Kløvergræs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5, 1.7, 10.8, 10.10*

APPENDIX A8

Dyrkningsbeskrivelser fra bibliotek

A8 DYRKNINGSBESKRIVELSER FRA BIBLIOTEK

;Crop Manager File

:: xx er kg N i handelsgødning/ha; yy er ton slurry/ha; Z er husdyrgødningstype; graes og froegraes (nederst) udlægges aaret foer

:: xx er kg N i handelsgødning/ha; yy er ton husdyrgødning/ha; Z er husdyrgødningstype; graes og froegraes (nederst) udlægges aaret før. Der er skelnet mellem fast gødning, der må udlægges om efteråret inden 20.10 og flydende husdyrgødning, der kun må udlægges mellem 1.feb og høst.

```
( defaction "Vinterhvede" activity
  (wait_mm_dd 9 1)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 9 18)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 9 19)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 9 20)
  (sow "Winter Wheat")
  (wait_mm_dd 3 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight 80)))
  (wait_mm_dd 4 30)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy)))
  (wait_mm_dd 5 1)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait(or(crop_ds_after "Winter Wheat" 2.0)
    (mm_dd 8 20)))
  (harvest "Winter Wheat"
    (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))
```

```
( defaction "Vinterbyg" activity
  (wait_mm_dd 8 18)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 9 18)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 9 19)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 9 20)
  (sow "Winter Barley")
  (wait_mm_dd 3 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 14)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy)))
  (wait_mm_dd 4 15)
```



```
(fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
(wait(or(crop_ds_after "Winter Barley" 2.0)
      (mm_dd 7 20)))
(harvest "Winter Barley"
 (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))
```

```
( defaction "Vinterrug" activity
  (wait_mm_dd 8 18)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 9 18)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 9 19)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 9 20)
  (sow "rye")
  (wait_mm_dd 3 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 14)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy)))
  (wait_mm_dd 4 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait(or(crop_ds_after "Winter Wheat" 2.0)
        (mm_dd 8 10)))
  (harvest "rye"
 (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))
```

```
( defaction "Vintertriticale" activity
  (wait_mm_dd 9 1)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 9 18)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 9 19)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 9 20)
  (sow "Winter Wheat")
  (wait_mm_dd 3 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 14)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy)))
  (wait_mm_dd 4 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait(or(crop_ds_after "Winter Wheat" 2.0)
        (mm_dd 8 20)))
  (harvest "Winter Wheat"
 (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))
```

```
( defaction "Vinterraps" activity
  (wait_mm_dd 7 30)
  (stubble_cultivation)
```

(wait_mm_dd 8 8)
(fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
(plowing)
(wait_mm_dd 8 9)
(seed_bed_preparation)
(wait_mm_dd 8 10)
(sow "Winter Rape")
(wait_mm_dd 4 1)
(fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
(wait_mm_dd 4 15)
(fertilize (Z_gylle (weight yy)))
(wait(or(crop_ds_after "Winter Rape" 2.0)
 (mm_dd 7 20)))
 (harvest "Winter Rape"
 (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10)))

(defaction "Vaarbyg_foraarsploejning" activity
 (wait_mm_dd 3 1)
 (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
 (plowing)
 (wait_mm_dd 3 31)
 (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
 (wait_mm_dd 4 1)
 (disk_harrowing)
 (wait_mm_dd 4 2)
 (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
 (wait_mm_dd 4 3)
 (seed_bed_preparation)
 (wait_mm_dd 4 4)
 (sow "Spring Barley")
 (wait(or(crop_ds_after "Spring Barley" 2.0)
 (mm_dd 8 15)))
 (harvest "Spring Barley"
 (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))

(defaction "Vaarbyg_efteraarsploejning" activity
 (wait_mm_dd 9 1)
 (stubble_cultivation)
 (wait_mm_dd 11 1)
 (plowing)
 (wait_mm_dd 3 31)
 (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
 (wait_mm_dd 4 1)
 (disk_harrowing)
 (wait_mm_dd 4 2)
 (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
 (wait_mm_dd 4 3)
 (seed_bed_preparation)
 (wait_mm_dd 4 4)
 (sow "Spring Barley")
 (wait(or(crop_ds_after "Spring Barley" 2.0)

```
(mm_dd 8 15)))  
(harvest "Spring Barley"  
(sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))
```

```
( defaction "vårbyg_m_udlaeg" activity  
  (wait_mm_dd 3 1)  
  (plowing)  
  (wait_mm_dd 4 1)  
  (fertilize (slurry (weight yy))(from 0)(to -20))  
  (wait_mm_dd 4 2)  
  (stubble_cultivation)  
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))  
  (wait_mm_dd 4 4)  
  (sow "Spring Barley")  
  (wait_mm_dd 5 5)  
  (sow "Grass")  
  (wait(or(crop_ds_after "Spring Barley" 2.0)  
        (mm_dd 8 15)))  
    (harvest "Spring Barley"  
      (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10))  
  (while (wait_mm_dd 11 1)  
    (repeat cut_grass)))
```

```
( defaction "Vaarraps_foraarsploejning" activity  
  (wait_mm_dd 3 1)  
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))  
  (plowing)  
  (wait_mm_dd 3 31)  
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))  
  (wait_mm_dd 4 1)  
  (disk_harrowing)  
  (wait_mm_dd 4 2)  
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))  
  (wait_mm_dd 4 3)  
  (seed_bed_preparation)  
  (wait_mm_dd 4 4)  
  (sow "Spring Rape")  
  (wait(or(crop_ds_after "Spring Rape" 2.0)  
        (mm_dd 8 20)))  
    (harvest "Spring Rape"  
      (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10)))
```

```
( defaction "Vaarraps_efteraarsploejning" activity  
  (wait_mm_dd 9 1)  
  (stubble_cultivation)  
  (wait_mm_dd 11 1)  
  (plowing)  
  (wait_mm_dd 3 31)  
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))  
  (wait_mm_dd 4 1)
```

```

(disk_harrowing)
(wait_mm_dd 4 2)
(fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
(wait_mm_dd 4 3)
(seed_bed_preparation)
(wait_mm_dd 4 4)
(sow "Spring Rape")
(wait(or(crop_ds_after "Spring Rape" 2.0)
      (mm_dd 8 20)))
      (harvest "Spring Rape"
      (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10)))

```

```

( defaction "Vaarhvede_foraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 3 1)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 3 31)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 1)
  (disk_harrowing)
  (wait_mm_dd 4 2)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 3)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 4)
  (sow "Spring Wheat")
  (wait(or(crop_ds_after "Spring Wheat" 2.0)
        (mm_dd 9 1)))
        (harvest "Spring Wheat"
        (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))

```

```

( defaction "Vaarhvede_efteraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 9 1)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 11 1)
  (plowing)
  (wait_mm_dd 3 31)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 1)
  (disk_harrowing)
  (wait_mm_dd 4 2)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 3)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 4)
  (sow "Spring Wheat")
  (wait(or(crop_ds_after "Spring Wheat" 2.0)
        (mm_dd 9 1)))
        (harvest "Spring Wheat"
        (sorg 0.99)(leaf 0.7)(stem 0.7)(stub 10)))

```

```
( defaction "Markaert_foraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 3 1)
  (plowing)
  (wait_mm_dd 3 31)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 1)
  (disk_harrowing)
  (wait_mm_dd 4 3)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 4)
  (sow "Pea")
  (wait(or(crop_ds_after "Pea" 2.0)
        (mm_dd 8 15)))
  (harvest "Pea"
    (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10)))
```

```
( defaction "Markaert_efteraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 9 1)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 11 1)
  (plowing)
  (wait_mm_dd 3 31)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 1)
  (disk_harrowing)
  (wait_mm_dd 4 3)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 4)
  (sow "Pea")
  (wait(or(crop_ds_after "Pea" 2.0)
        (mm_dd 8 15)))
  (harvest "Pea"
    (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10)))
```

```
( defaction "sukkerroe_efteraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 9 1)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 11 1)
  (plowing)
  (wait_mm_dd 4 1)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 10)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 11)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 12)
  (sow "Sugar Beet")
  (mm_dd 10 15)))
  (harvest "Sugar Beet"
    (sorg 0.99)(leaf 0.01)))
```

```

( defaction "sukkerroe_foraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 3 1)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 4 1)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 10)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 11)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 12)
  (sow "Sugar Beet")
    (mm_dd 10 15)))
  (harvest "Sugar Beet"
    (sorg 0.99)(leaf 0.01)))

( defaction "silomajs_foraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 3 1)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 4 15)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 16)
  (disk_harrowing)
  (wait_mm_dd 4 26)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 27)
  (sow "Silage Maize")
  (wait_mm_dd 5 1)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait(or(crop_ds_after "Silage Maize" 2.0)
    (mm_dd 10 20)))
  (harvest "Silage Maize"
    (sorg 0.95)(leaf 0.95)(stem 0.95)(stub 20)))

( defaction "silomajs_efteraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 9 1)
  (stubble_cultivation)
  (wait_mm_dd 11 1)
  (plowing)
  (wait_mm_dd 4 15)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 16)
  (disk_harrowing)
  (wait_mm_dd 4 26)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 27)
  (sow "Silage Maize")
  (wait_mm_dd 5 1)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait(or(crop_ds_after "Silage Maize" 2.0)

```

```
(mm_dd 10 20))  
(harvest "Silage Maize"  
(sorg 0.95)(leaf 0.95)(stem 0.95)(stub 20)))
```

```
( defaction "Kartofler_efteraarsploejning" activity  
  (wait_mm_dd 9 1)  
  (stubble_cultivation)  
  (wait_mm_dd 11 1)  
  (plowing)  
  (wait_mm_dd 4 10)  
  (fertilize (Ammonium (weight xx)))  
    (wait_mm_dd 4 11)  
    (seed_bed_preparation)  
    (wait_mm_dd 4 12)  
    (sow "Potato; V1")  
    (wait(or(crop_ds_after "Potato; V1" 2.0)  
      (mm_dd 10 15)))  
    (harvest "Potato; V1"  
      (sorg 0.99)(leaf 0.01)))
```

```
( defaction "Kartofler_foraarsploejning" activity  
  (wait_mm_dd 3 1)  
  (plowing)  
  (wait_mm_dd 4 10)  
  (fertilize (Ammonium (weight xx)))  
    (wait_mm_dd 4 11)  
    (seed_bed_preparation)  
    (wait_mm_dd 4 12)  
    (sow "Potato; V1")  
    (wait(or(crop_ds_after "Potato; V1" 2.0)  
      (mm_dd 10 15)))  
    (harvest "Potato; V1"  
      (sorg 0.99)(leaf 0.01)))
```

```
( defaction "foderroe_efteraarsploejning" activity  
  (wait_mm_dd 9 1)  
  (stubble_cultivation)  
  (wait_mm_dd 11 1)  
  (plowing)  
  (wait_mm_dd 4 1)  
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))  
  (wait_mm_dd 4 10)  
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))  
  (wait_mm_dd 4 11)  
  (seed_bed_preparation)  
  (wait_mm_dd 4 12)  
  (sow "Fodder Beet")  
    (wait(or(crop_ds_after "Fodder Beet" 2.0)  
      (mm_dd 10 25)))  
  (harvest "Fodder Beet"
```

(sorg 0.99)(leaf 0.01))

```
( defaction "foderroe_foraarsploejning" activity
  (wait_mm_dd 3 1)
  (fertilize (Z_fastgødning (weight yy)))
  (plowing)
  (wait_mm_dd 4 1)
  (fertilize (Z_gylle (weight yy))(from 0)(to -20))
  (wait_mm_dd 4 10)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 11)
  (seed_bed_preparation)
  (wait_mm_dd 4 12)
  (sow "Fodder Beet")
    (wait(or(crop_ds_after "Fodder Beet" 2.0)
      (mm_dd 10 25)))
    (harvest "Fodder Beet")
    (sorg 0.99)(leaf 0.01))
```

```
( defaction "Rajgraes_2aar" activity
  (wait_mm_dd 4 1)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight xx)))
  (wait_mm_dd 4 15)
  (fertilize (slurry (weight yy)))
  (wait(or(crop_ds_after "Grass to grain" 2.0)
    (mm_dd 8 20)))
  (harvest "Grass to grain")
  (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10))
```

```
( defaction "Roedsvingel_2aar" activity
  (wait_mm_dd 10 1)
  (fertilize (slurry (weight yy)))
  (wait_mm_dd 3 15)
  (fertilize (AmmoniumNitrate (weight 60)))
  (wait(or(crop_ds_after "Grass to grain" 2.0)
    (mm_dd 8 1)))
  (harvest "Grass to grain")
  (sorg 0.99)(leaf 0.01)(stem 0.01)(stub 10))
```

:: Slaetgraes - kan vaere fleraarig

```
( defaction "cut_grass" activity
  (wait (or (crop_ds_after "Grass" 0.7 [])
    (crop_dm_over "Grass" 3000 [kg DM/ha])))
  (harvest "Grass")
  (stub 5 [cm]))
```

```
( defaction "cut_grass_fertilize" activity
  (wait (or (crop_ds_after "Grass" 0.7 [])
    (crop_dm_over "Grass" 3000 [kg DM/ha])))
```



```

(harvest "Grass"
  (stub 5 [cm]))
(wait_days 1)
(fertilize (N25S (weight xx))))

( defaction "slaetgraes" activity
  (wait_mm_dd 3 20)
  (plowing)
  (wait_mm_dd 4 1)
  (fertilize (N25S (weight xx [kg N/ha])))
  (wait_mm_dd 4 2)
  (seed_bed_preparation)
  (sow "Grass")
  (while (wait_mm_dd 10 15)
    (activity
      ;; Max 3 fertilized cuts.
      cut_grass_fertilize cut_grass_fertilize cut_grass_fertilize))
  (while (wait_mm_dd 11 1)
    ;; Additional unfertilised cuts.
    (repeat "cut_grass")))

; END OF FILE

```

APPENDIX A9

Generelle udbyttelniveauer af tørstof og kvælstof

A9 GENERELLE UDBYTTELEVELER AF TØRSTOF OG KVÆLSTOF

Christian Thirup, WaterTech a/s

Formål

Formålet med dette appendiks er at dokumentere udbytteleveler ved normal dyrkningspraksis på forskellige jordtyper med og uden vanding. Ligeledes redegøres for øvrige forhold, der kan medføre variationer i udbyttelevelen. Afgrødemodellerne i Daisy-modellen er kalibreret til at beregne udbytter, der ligger på et normalt niveau for danske forhold. De beregnede udbytter kan efterfølgende sammenholdes med udbyttelevelerne beskrevet i dette appendiks. Ved væsentlige afvigelser kan der være behov for justering af modelparametre, hvilket ståben angiver retningslinier for.

Udbytte (tørstof)

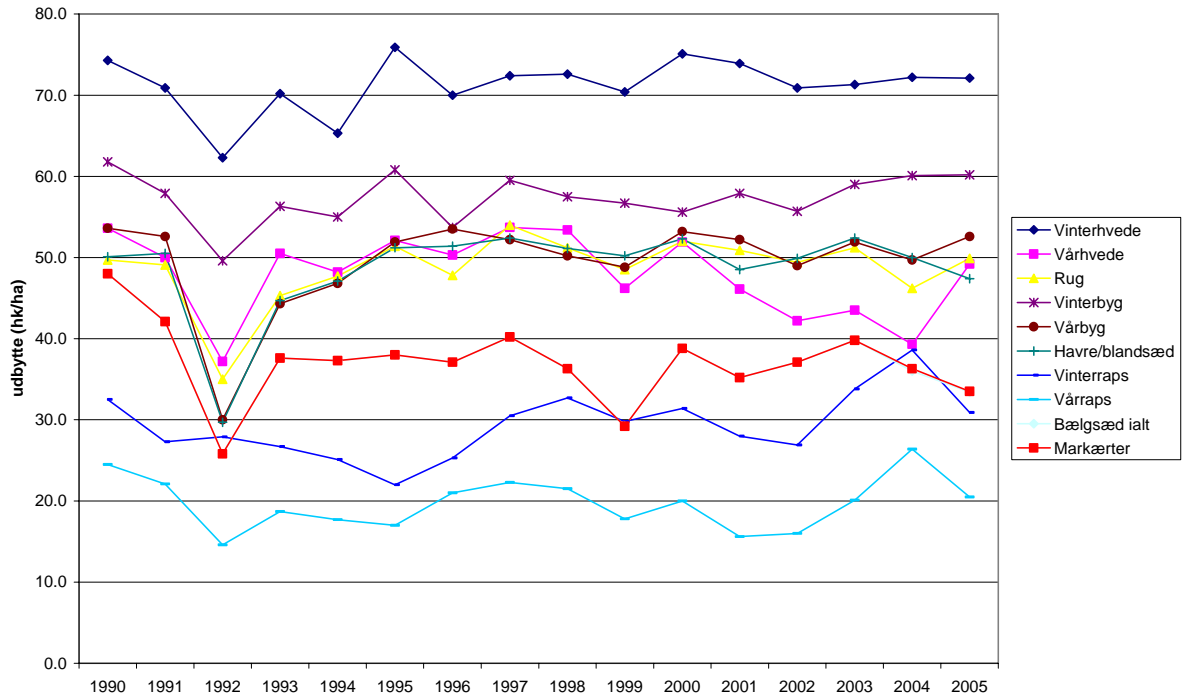
Der er anvendt følgende kilder til beskrivelse af det generelle udbyttelevel i Danmark:

1. Danmarks Statistik. Udbytter i Danmark i perioden 1990-2005.
2. Plantedirektoratets normudbytter (Plantedirektoratet, 2005/6)
3. Studielandbrugene. Udbytter i perioden 1995-2001 på 99 landbrugsbedrifter

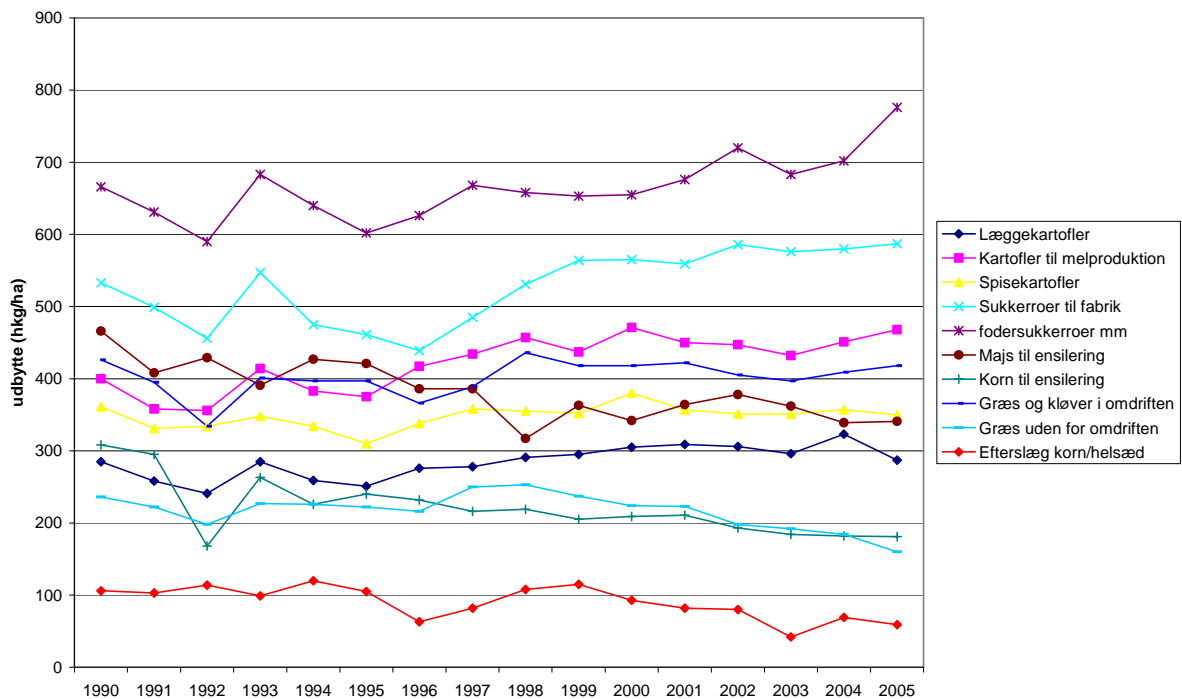
Danmarks Statistik

Danmarks Statistik opgør årligt høstudbytterne på nationalt og amtligt niveau for de enkelte afgrøder. Udbytterne for salgsafgrøder vurderes at være godt bestemt (korn, raps, ærter, kartofler til melproduktion og sukkerroer til fabrik), hvorimod der er en væsentlig usikkerhed forbundet med opgørelsen af grovfoderudbytterne. Af Tabel A9.1 fremgår de nationale udbyttemålinger for perioden 1990-2005. Ligeledes fremgår de gennemsnitlige udbytter samt de årlige variationer (standardafvigelse) på disse for perioderne 1990-2001, som svarer til første udgave af denne rapport, og fra 2002-2005. Ikke alle kategorier i statistikken er præcis de samme i 2005 som i 2001. I tabel A9.2 er korrigeret for tørstofindholdet i den enkelte afgrøde.

Dataserierne viser hvor stor den årlige variation i udbyttelevelen er, samt om der er en udvikling i udbyttelevelen over perioden. Dette er illustreret for de enkelte afgrøder i Figur A9.1 og A9.2. Grant (2002) har undersøgt udviklingen i høstudbytterne (tørstof) i perioden 1985-2000 i korn, bælgensæd og raps, ligeledes på baggrund af Danmarks Statistik. Hun konkluderer at udbytterne i perioden er steget med 21-23% for vinterhvede, rug og havre og ca. 9-12% for vårbyg, vårhvede og vinterbyg. Udbyttetigningen er dog kun signifikant for førstnævnte gruppe. For grovfoderafgrøderne tyder data i Figur A9.2 ikke på, at der er sket en generel udvikling i udbyttelevelen (tørstof) for græs i perioden 1990-2001. Derimod ses et fald for både majs og helsæd (korn til ensilering) i 1990-2001. Faldet omfatter også græs i perioden 2001-2005.



Figur A9.1: Gennemsnitlige udbytter i Danmark i perioden 1990-2005 for korn, raps og ærter. Udbytterne er opgjort med normalt vandindhold (kilde: Danmarks Statistik).



Figur A9.2: Gennemsnitlige udbytter i Danmark i perioden 1990-2005 for grovfoderafgrøder, sukkerroer og kartofler. Udbytterne er opgjort med normalt vandindhold (kilde: Danmarks Statistik).

Plantedirektoratets udbythenormer

Plantedirektoratet fastsætter årligt udbythenormer for den enkelte afgrøde differentieret efter jordtype og vanding. Udbythenormerne ændrer sig dog typisk kun lidt fra år til år.

Udbythenormer og kvælstofnormer indstilles årligt til Plantedirektoratet af *Normudvalget* bestående af Danmarks Jordbrugsforskning, Landskontoret for Planteavl og Plantedirektoratet. Udbythenormerne baserer sig på opgørelser fra Danmarks Statistik suppleret med forsøgsresultater fra *Landsforsøgene* og fra Danmarks Jordbrugsforskning. Plantedirektoratets normudbytter (tørstof, 2005) fremgår af Tabel A9.3, mens gennemsnitsudbytterne fra Danmarks Statistik og de anvendte kvælstofindhold er angivet i Tabel A9.4. Heraf fremgår det, at der er meget fin overensstemmelse mellem Plantedirektoratets normudbytter og Danmarks Statistik. Dog med undtagelse af græs og majs, hvor Plantedirektoratets normudbytter ligger hhv. højere og lavere end i Danmarks Statistik. Hertil skal siges, at udbyttet i grovfoder på landsplan er meget vanskeligt at bestemme.

Studielandbrugene

Studielandbrug kom til verden i 1995 i et samarbejde mellem Landbrugets Rådgivningscenter, Danmarks Jordbrugsforskning og Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut, der alle anvender resultater fra praktiske landbrugsbedrifter i deres arbejde. På de indtil videre 99 bedrifter, der indgår i undersøgelserne, indsamles og bearbejdes data om produktion og økonomi, herunder høstudbytter.

Datasættet er blevet undersøgt i dette projekt. Konklusionen herpå er, at datasættet er for lille til at forbedre differentieringen af udbythenivauer på jordtyper med og uden vanding, som ellers var målet med gennemgangen.

Årsager til udbyttevariationer

Som det fremgår af udbytteregistreringerne fra Studielandbrugene er der meget store variationer i udbytterne indenfor det enkelte jb-nr. Variationerne kan dels skyldes stedspecifikke forhold, og dels kan de skyldes driftledelse. De stedspecifikke forhold omhandler bl.a. tekstur, nedre rand (dræn og grundvandsstand), læforhold, klima og tidligere driftledelse. De udbyttevariationer der kan henføres til driftledelse er bl.a. gødningstildeling, -form og -tidspunkt, sortsvalg, jordbearbejdning og halmnedmuldning.

Udbytte (kvælstof)

Proteinindholdet (kvælstof) er navnlig bestemt af den tildelte kvælstofmængde. Udover en årsvariation påvirkes proteinindholdet også af tidspunktet for kvælstoftildeling, sorten og husdyrgødningsmængden. Knudsen (2002) beskriver således for vinterhvede, at en ændring af kvælstoftilførslen på 10 kg kvælstof pr. ha vil ændre proteinindholdet med 0,2 pct. enheder. I sortsforsøg ved samme kvælstoftildeling varierer proteinindholdet med ca. 1 pct. mellem sorterne. Sen tilførsel af kvælstof giver højere proteinprocenter end tidligt tilført kvælstof. Proteinprocenten er 0,2 pct. enheder højere på jord med stor eftervirkning af husdyrgødning i forhold til jord uden eftervirkning af husdyrgødning. Proteinprocenten er svagt faldende ved stigende udbytteniveau.

Udviklingen i proteinindhold i korn

Knudsen (2002) har gennemgået udviklingen i proteinindholdet i en række afgrøder over perioden 1985-2001. For vinterhvede falder proteinindholdet fra ca. 12 pct. frem til og med 1992 lineært ned til ca. 10,3 pct. i 2001. Nedgangen i proteinindhold er nøje forbundet med

faldet i kvælstofforbrug-et. For foderbyg ses et proteinindhold på 13,0 procent til og med 1992, og et lineært fald til 10,8 pct. i 2001. For maltbyg ses et proteinindhold frem til 1992 på 11 pct., og derefter et lineært fald til 10,2 pct. i 2001. For vinterbyg ses et proteinindhold på 13 pct. frem til og med 1992 og derefter et lineært fald til 11,8 pct. frem til 2001.

Udvikling af proteinindhold i grovfoder

Udviklingen i råprotein i grovfoder er beskrevet af Aaes, O (2001) og refereret fra Knudsen (2002). Udviklingen i proteinindholdet i helsæd af vårbyg og vinterhvede viser en tendens til et svagt fald. Proteinindholdet i 1999 og 2000 er således ca. 1 pct. enhed under indholdet i de fleste af de tidligere år, men det kan skyldes en egentlig årsvariation. Proteinindholdet i majs falder ligeledes fra ca. 9,5 til 8,5 pct.

I græs uden kløver er der en stærk sammenhæng mellem proteinindhold og kvælstoftilførsel. Derfor må man forvente et fald i proteinindholdet op igennem 90'erne. Proteinindholdet i kløvergræs er indenfor et betydeligt interval af kvælstoftilførsel næsten uafhængig af tilførslen, på grund af vekselvirkning mellem kvælstoftilførsel og kløverprocent. Resultater af foderanalyserne viser et næsten konstant indhold af protein i græs- og kløvegræsensilage. Derfor kan man regne med et uændret proteinindhold i perioden.

Udviklingen i høstet kvælstof

I kornafgrøderne er der over perioden 1985-2001 sket en udbyttestigning, målt i høstet tørstof. Samtidig er kvælstofindholdet i kernerne aftaget. Grant (2002) konkluderer, at der ikke er nogen entydig indikation af, at de høstede kvælstofmængder i de enkelte kornafgrøder er ændret igennem perioden. For græs og kløvergræs er både høstudbytte og proteinprocenten nogenlunde uændret over perioden, hvilket medfører at høstet kvælstof er uændret. Derimod er både proteinprocent og udbytte faldet i majs og helsæd, hvilket medfører, at der er sket et fald i høstet kvælstof over perioden 1990-2001.

Ud fra de løbende registreringer af kvælstofindholdet i de enkelte afgrøder, har Landskontoret for Kvæg i *Fodermiddeltabel for kvæg* (LRC, 2000) angivet det gennemsnitlige proteinindhold, og dermed kvælstofindhold over 3-års perioden 1998-2000. Disse fremgår af Tabel A9.4 (2001-tal), og danner grundlag for beregningerne af høstet kvælstof i samme tabel. For vinterhvede, vårbyg og vinterbyg er dog anvendt værdier (2001-tal) fra Knudsen (2002). N-procenter angivet som 2005-tal i Tabel 9.4; stammer fra *Fodermiddeltabel for kvæg* (LRC, 2005), omregnet i samarbejde med DJF. For alle andre afgrøder er anvendt samme værdier som i tidligere versioner af denne rapport. Tørstof- og N-procenter for 2006 er vist i Tabel A9.5 (kun hovedafgrødetal er opdateret).

Generelle udbytte niveauer

Ved sammenligning af de forskellige datakilder for udbytte niveau kan det konkluderes, at Plantedirektoratets normudbytter for de fleste afgrøder ligger på et realistisk niveau (Tabel A9.3). Det foreslås derfor, at modelberegnete udbytter som gennemsnit over beregningsperioden som udgangspunkt sammenlignes med disse. De årlige variationer i udbyttet kan være betydelige (Tabel A9.1 og A9.2). Derfor er det vigtigt, at det er gennemsnitsudbytte, der sammenlignes med normudbytte. Generelt synes der ikke at være sket en væsentlig ændring og 2001-tallene anbefales stadig anvendt. For de afgrøder, der i tabel A9.1 og A9.2 klart viser en udbyttenedgang i N-udbyttet efter 2001 (2002-5), må det forventes at de seneste udbytte niveauer er mere repræsentative for den nuværende dyrkningspraksis end gennemsnittet for hele perioden.

Referencer

Grant-R (2002): Kornudbytter og høstet kvælstof-udvikling i perioden 1985-2000, DMU. I: Resume af indlæg ved seminar om landbrugets kvælstofoverskud og fordeling af overskuddet på forskellige tabsposter samt ændring i jordens kvælstofpulje, DjF og DMU.

LRC (2000): Fodermiddeltabel. Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Rapport nr. 91. 2000. Landskontoret for Kvæg og Danmarks Jordbrugsforskning.

Knudsen-L (2002): Notat om udvikling i afgrødernes proteinindhold 1985-2001. Landskontoret for Planteavl.

Plantedirektoratet (2003): Vejledning og skemaer, 2003/2004.

Tabel A9.1 Årlige gennemsnitsudbytter registreret i hkg/ha i perioden 1990-2005. Udbytterne er angivet ved normalt vandindhold (Kilde: Danmarks Statistik).

År	Vinterhvede	Vårhvede	Rug	Triticale	Vinterbyg	Vårbyg	Havre og blandsæd	Vinterraps	Vårraps	Markærter	Halm af korn, der er bjærget	Læggekartofler under kontrol	Kartofler til melproduktion	Spisekartofler	Sukkerroer til fabrik	Fodersukkerroer og anden rodfrugt til foder	Roetop, der er bjærget	Majs til ensilering	Korn til ensilering	Græs og kløver i omdriften	Græs uden for omdriften	Efterslæt efter korn og helsæd	
1990	74.3	53.6	49.7	..	61.8	53.6	50.1	32.5	24.5	48.0	36.4	285	400	361	533	666	243	466	308	426	236	106	
1991	70.9	50.0	49.1	..	57.9	52.6	50.5	27.3	22.1	42.1	35.4	258	358	331	499	631	225	408	295	395	222	103	
1992	62.3	37.2	35.0	..	49.6	30.0	29.7	27.9	14.6	25.8	39.0	241	356	334	456	590	197	429	168	334	198	114	
1993	70.2	50.5	45.3	..	56.3	44.3	44.7	26.7	18.7	37.6	61.6	285	414	348	547	683	228	391	263	401	227	99	
1994	65.3	48.2	47.7	..	55.0	46.8	47.1	25.1	17.7	37.3	34.2	259	383	334	475	640	201	427	226	397	226	120	
1995	75.9	52.1	51.4	..	60.8	51.9	51.2	22.0	17.0	38.0	37.8	251	375	310	461	602	179	421	240	397	222	105	
1996	70.0	50.3	47.8	..	53.7	53.5	51.4	25.3	21.0	37.1	36.3	276	417	338	439	626	173	386	232	366	216	63	
1997	72.4	53.7	54.0	55.4	59.5	52.2	52.4	30.5	22.3	40.2	37.8	278	434	358	485	668	164	386	216	389	250	82	
1998	72.6	53.4	51.2	51.3	57.5	50.2	51.1	32.7	21.5	36.3	37.4	291	457	355	531	658	185	317	219	436	253	108	
1999	70.4	46.2	48.5	46.5	56.7	48.8	50.2	29.8	17.8	29.2	36.1	295	437	352	564	653	173	363	205	418	237	115	
2000	75.1	51.9	52.0	48.1	55.6	53.2	52.3	31.4	20.0	38.8	37.7	305	471	380	565	655	175	342	209	418	224	93	
2001	73.9	46.1	50.9	48.6	57.9	52.2	48.5	28.0	15.6	35.2	37.2	309	450	357	559	676	180	364	211	422	223	82	
2002	70.9	42.2	49.4	48.4	55.7	49.0	49.9	26.9	16.0	37.1	34.8	306	447	351	586	720	86	378	193	405	198	80	
2003	71.3	43.5	51.2	52.2	59.0	51.9	52.4	33.8	20.1	39.8	33.7	296	432	351	576	683	72	362	184	397	192	42	
2004	72.2	39.3	46.2	47.6	60.1	49.7	50.0	38.6	26.4	36.3	32.9	323	451	357	580	702	70	339	182	409	184	69	
2005	72.1	49.2	49.9	47.1	60.2	52.6	47.4	30.9	20.5	33.5	..	287	468	350	587	776	..	341	181	418	160	59	
Middelv																							
1990-2001	71.1	49.4	48.6	50.0	56.9	49.1	48.3	28.3	19.4	37.1	38.9	278	413	347	510	646	194	392	233	400	228	99	
2002-2005	71.6	43.6	49.2	48.8	58.8	50.8	49.9	32.6	20.8	36.7	33.8	303	450	352	582	720	76	355	185	407	184	63	
Std.afv	3.4	5.1	4.3	2.9	3.1	5.8	5.5	4.0	3.3	5.0	6.8	23	38	16	51	45	54	40	40	25	25	23	

Tabel A9.2. Årlige gennemsnitsudbytter beregnet i hkg tørstof/ha i perioden 1990-2005.

År	Vinterhvede	Vårhvede	Rug	Triticale	Vinterbyg	Vårbyg	Havre og blandet	Vinterraps	Vårraps	Markærter	Halm af korn, der er bjærget	Læggekartofler under kontrol	Kartofler til melproduktion	Spisekartofler	Sukkerroer til fabrik	Fodersukkerroer og anden rodfrugt til foder	Roetop, der er bjærget	Majs til ensilering	Korn til ensilering	Græs og kløver i omdriften	Græs uden for omdriften	Efterslæt efter korn og helsæd	
1990	62.4	45.0	41.7		51.9	45.0	42.1	29.6	22.3	40.3	30.9	57.0	80.0	72.2	128	120	29	135	114	76.7	42.5	19.1	
1991	59.6	42.0	41.2		48.6	44.2	42.4	24.8	20.1	35.4	30.1	51.6	71.6	66.2	120	114	27	118	109	71.1	40.0	18.5	
1992	52.3	31.2	29.4		41.7	25.2	24.9	25.4	13.3	21.7	33.2	48.2	71.2	66.8	109	106	24	124	62	60.1	35.6	20.5	
1993	59.0	42.4	38.1		47.3	37.2	37.5	24.3	17.0	31.6	52.4	57.0	82.8	69.6	131	123	27	113	97	72.2	40.9	17.8	
1994	54.9	40.5	40.1		46.2	39.3	39.6	22.8	16.1	31.3	29.1	51.8	76.6	66.8	114	115	24	124	84	71.5	40.7	21.6	
1995	63.8	43.8	43.2		51.1	43.6	43.0	20.0	15.5	31.9	32.1	50.2	75.0	62.0	111	108	21	122	89	71.5	40.0	18.9	
1996	58.8	42.3	40.2		45.1	44.9	43.2	23.0	19.1	31.2	30.9	55.2	83.4	67.6	105	113	21	112	86	65.9	38.9	11.3	
1997	60.8	45.1	45.4	46.5	50.0	43.8	44.0	27.8	20.3	33.8	32.1	55.6	86.8	71.6	116	120	20	112	80	70.0	45.0	14.8	
1998	61.0	44.9	43.0	43.1	48.3	42.2	42.9	29.8	19.6	30.5	31.8	58.2	91.4	71.0	127	118	22	92	81	78.5	45.5	19.4	
1999	59.1	38.8	40.7	39.1	47.6	41.0	42.2	27.1	16.2	24.5	30.7	59.0	87.4	70.4	135	118	21	105	76	75.2	42.7	20.7	
2000	63.1	43.6	43.7	40.4	46.7	44.7	43.9	28.6	18.2	32.6	32.0	61.0	94.2	76.0	136	118	21	99	77	75.2	40.3	16.7	
2001	62.8	39.2	43.3	41.3	49.2	44.4	41.2	25.5	14.2	29.9	31.6	61.8	90.0	71.4	134	122	22	106	78	76.0	40.1	14.8	
2002	60.3	35.9	42.0	41.1	47.3	41.7	42.4	24.5	14.6	31.5	29.6	61.2	89.4	70.2	141	130	10	110	71	72.9	35.6	14.4	
2003	60.6	37.0	43.5	44.4	50.2	44.1	44.5	30.8	18.3	33.8	28.6	59.2	86.4	70.2	138	123	9	105	68	71.5	34.6	7.6	
2004	61.4	33.4	39.3	40.5	51.1	42.2	42.5	35.1	24.0	30.9	28.0	64.6	90.2	71.4	139	126	8	98	67	73.6	33.1	12.4	
2005	61.3	41.8	42.4	40.0	51.2	44.7	40.3	28.1	18.7	28.5		57.4	93.6	70.0	141	140		99	67	75.2	28.8	10.6	
TS%																							
90-00	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84	84	91	91	84	85	20	20	20	24	18	12	29	37	18	18	18	
01-05	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85	85	91	91	85	85	20	20	20	24	18	12	29	37	18	18	18	
Middel																							
90-01	59.8	41.6	40.8	42.1	47.8	41.3	40.6	25.7	17.7	31.2	33.1	55.6	82.5	69.3	122	116	23.2	114	86	72.0	41.0	17.9	
02-05	60.9	37.0	41.8	41.5	49.9	43.2	42.4	29.6	18.9	31.2	28.7	60.6	89.9	70.5	140	130	9.1	103	68	73.3	33.0	11.3	
Std.afv.	3.0	4.2	3.6	2.4	2.7	4.9	4.6	3.7	3.0	4.2	5.8	4.5	7.5	3.2	12.2	8.1	6.5	11.6	14.8	4.5	4.4	4.1	

Tabel A9.3: Plantedirektoratets udbyttener (2006/07) omregnet til hkg tørstof/ha. Udbyttenerne er angivet for forskellige jordtyper med og uden vanding, samt med forfrugt. Mængden af høstet kvælstof fremgår ligeledes baseret på tørstof- og N-procenter fra Tabel A9.5.

afgrøde	JB 1+3				JB 1-4				JB 2, 4, 10, 12				JB 5-6				JB 7-9				
	uvandet		vand		uvandet		vand		uvandet		vand		uvandet		vand		uvandet		vand		
	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	TS, hkg/ha	N, kg/ha	
forfrugt	korn	andet	korn	andet	korn	Andet	korn	andet	korn	andet	korn	andet	korn	andet	korn	andet	korn	andet	korn	Andet	
Korn																					
vårbyg	33	37	57	63	39	43	68	75	43	48	75	82	49	54	85	94	53	59	91	101	
havre	37		59		43		68		47		75		47		75		50		81		
vårhvede	31	34	56	63	36	39	66	72	40	44	74	81	45	49	83	91	48	54	89	99	
vinterhvede	41	45	75	83	53	59	97	108	56	62	103	114	68	75	125	138	72	80	133	147	
vinterrug	34	37	52	57	45	50	69	77	44	49	68	75	55	61	85	94	59	65	90	99	
hybridrug	41	45	62	69	54	60	82	91	54	60	82	91	63	70	96	107	67	74	103	113	
Vinterbyg	40	43	70	76	43	48	76	84	47	52	82	91	60	65	105	115	64	71	112	124	
Triticale	33	37	56	62	43	48	74	81	43	48	74	81	50	55	85	94	54	60	91	101	
Raps																					
Vinterraps	21		66		29		88		29		88		33		103		35		108		
Vårraps	15		46		17		51		18		57		19		60		20		63		
Bælgسæd																					
Markært	39		149		39		149		39		149		39		149		39		149		
Frøafgrøder																					
Rajgræs	10		41		10		41		10		41		10		41		10		41		
Hundegræs	8		31		8		31		8		31		8		31		8		31		
Engsvingel	7		27		7		27		7		27		7		27		7		27		
Rødsvingel	7		27		7		27		7		27		7		27		7		27		
Rodfrugter																					
Kartofler, industri	94		138		106		155		118		173		118		173		118		173		
Spisekartofler	68		101		86		127		92		136		92		136		92		136		
Læggekartofler	65		113		71		124		77		134		77		134		77		134		
Fabriksroer	97		91		114		107		130		122		130		122		130		122		
Grovfoder																					
Fodersukkerroer, rod+top	95		182		127		242		127		242		138		262		138		262		
Silomajs	118		188		131		209		118		188		129		207		136		217		
Vårsædhelsæd	63		106		82		138		74		124		92		154		92		154		
Vintersædhelsæd	73		164		98		219		98		219		122		273		122		273		

Korn + bælg­sæd, helsæd (max 50% bælg­sæd)	56		147		73		192		65		172		81		214		81		214
Vårsæd grønkorn	29		65		38		85		38		85		42		93		42		93
Vintersædgrønkorn	37		82		49		109		49		109		61		137		61		137
Græs																			
Permanent græs, meget lavt afgræsningsniveau	9		30		9		30		9		30		9		30		9		30
Permanent græs, lavt afgræsningsniveau	21		67		21		67		21		67		21		67		21		67
Permanent græs, normalt afgr. eller slæt	35		111		35		111		35		111		35		111		35		111
Kløvergræs m. under 50 pct. kløver (omdrift)	63		233		79		291		66		241		69		253		69		253
Græs, uden kløver (omdrift)	70		235		91		306		75		253		81		271		81		271
Græsudlæg																			
Græs,udlæg/efterslæt efter grønkorn	50		135		68		186		53		145		48		132		48		132
Græs, udlæg/efterslæt efter helsæd	29		78		32		88		31		84		27		74		27		74
Græs, udlæg/efterslæt efter korn	12		36		13		39		12		36		12		36		12		36

Tabel A9.4. Gennemsnits-tørstofudbytter 1990-2005 og anvendte N- og tørstofprocenter. NB for korn og ærter er vandindholdet sat til 16 % op til 2001. N-udbytterne er beregnet med koncentrationerne fra tidligere udgaver af denne rapport under ”2001”, mens nye værdier for N-indhold for nogle kornafgrøder er udtrykt af ”fodermiddeltabel for kvæg” og vist som 2005-tal. For visse kornarter er der en nedadgående tendens.

	Hovedafgrøde				Biprodukt			Kvæstof- og tørstofindhold					
	Tørstofudbytter i DK		N-udbytter, DK		Tørstof	N-udbytter, DK		Hovedafgrøde		Biprodukt			
	hkg/ha		kg/ha		hkg/ha	kg/ha		Pct. TS	2001	2003-2005	Pct. TS	2001.00	2002-2005
Afgrøde	1990-2001	2002-2005	1990-2001	2002-2005	hkg/ha	1990-2001	2002-2005	Pct. TS	Pct. N	Pct N	Pct. TS	Pct. N	Pct N
Korn													
Vårbyg	41	43	71	75	26	17	17	85	1.73	1.73	85	0.64	0.64
Havre og blandsæd	41	42	79		30	18	18	85	1.94	1.61	85	0.59	0.59
Vårhvede	42	37	87	68	26	14	14	85	2.09	1.84	85	0.53	0.53
Vinterhvede	60	61	108	112	36	19	19	85	1.81	1.84	85	0.53	0.53
Rug	41	42	64	64	40	24	24	85	1.57	1.53	85	0.61	0.61
Hybridrug					40	24	24	85	1.57	1.53	85	0.61	0.61
Vinterbyg	48	50	90	88	27	19	17	85	1.89	1.76	85	0.72	0.64
Triticale	42	42	80	71	40	22	23	85	1.90	1.7	85	0.56	0.57
Raps													
Vinterraps	26	30	89	92	23	20	18	92	3.46	3.1	85	0.85	0.8
Vårraps	18	19	61	59	20	17	16	92	3.46	3.1	85	0.85	0.8
Bælgssæd													
Markærter	31	31	124	120	20	25	23	85	3.97	3.84	87	1.26	1.15
Frøafgrøder													
Rajgræs					43	38	38	87	3.90	3.9	85	0.89	0.89
Hundegræs					34	30	30	87	3.90	3.9	85	0.89	0.89
Engsvingel					34	30	30	87	3.90	3.9	85	0.89	0.89
Rødsvingel					34	30	30	87	3.90	3.9	85	0.89	0.89
Rodfrugter													
Kartofler til melproduktion	83	90	121	132				20	1.47	1.47			
Spisekartofler	69	70	102	104				20	1.47	1.47			
Læggekartofler under kontrol	56	61	97	106				20	1.75	1.75			
Sukkerroer til fabrik	122	140	115	131				24	0.94	0.94			
Grovfoder													
Fodersukkerroer og anden rodfrugt til foder	116	130	221	246				16.8	1.90	1.9			
Majs til ensilering	114	103	182	165				23	1.60	1.6			
Vårsædshelsæd	(82)		138					35	1.68	1.68			
Vintersædshelsæd								41	1.50	1.5			
Korn + bælgssæd, helsæd (max 50% bælgssæd)										2.64			
Vårsæd, grønkorn								32	2.64				
Vintersæd, grønkorn								18	2.24	2.24			
Græs													
Vedv. græs, meget lavt afgræsningsniveau								16	2.24	2.24			
Vedv. græs, lavt afgræsningsniveau								18	3.20	3.2			
Vedv. græs, normalt afgr. eller slæt	41	33	131	106				18	3.20	3.2			
Kløvergræs m. under 50 pct. kløver (omdrift)	72	73	265	270				18	3.68	3.68			
Græs, uden kløver (omdrift)	72		242					19	3.36	3.36			
Græsudlæg													
Græs,udlæg/efterslæt efter grønkorn								16	2.72	2.72			
Græs, udlæg/efterslæt efter helsæd								16	2.72	2.72			
Græs, udlæg/efterslæt efter korn	18	11	53	33				16	2.96	2.96			

APPENDIX A10

Valideringsstatus

A10 Validering af standardiseret DaisyGIS på 2 observationsmarker ved Lillebæk på Fyn

Merete Styczen & Jens Kristian Lørup, DHI Vand og Miljø

Indholdsfortegnelse

Introduktion.....	1
Modelvalidering	1
Validering af Daisy i danske og internationale valideringsøvelser	1
Standard Daisy	3
Formål med valideringen	3
Beskrivelse af Testområder.....	3
Valideringsmetode	4
Overordnede betragtninger	4
Parameterisering	7
Brug af og parameterisering af klima data.....	7
Brug af og parameterisering af jorddata	8
Brug af og parameterisering af management data	9
Kalibrering af nedre rand	10
Kalibreringsprocedure	10
Kalibrering af afgrødemodulerne	11
Ændret valg af afgrødemoduler	11
Kalibreringsprocedure	12
Resultater	13
Resultater for station 2 og Station 6 med anvendelse af lokale klimadata.....	13
Resultater for Station 2 og Station 6 med anvendelse af grid klimadata.....	19
Standard-check.....	25
Diskussion	28
Konklusion	31
Referencer.....	31

Introduktion

Modelvalidering

Ved validering af en model sammenlignes modelprædiktioner med tilsvarende måleresultater med det formål at afgøre om modellen er i stand til at beskrive virkeligheden. En model er imidlertid en simplificeret beskrivelse af virkeligheden og heraf følger, at en model aldrig vil kunne beskrive virkeligheden til fuldkommenhed. En valideret model er ideelt set en model, der kan beskrive måleresultater inden for en ønsket tolerance. Afvigelse mellem måleresultater og modelprædiktioner kan skyldes: (i) modelfejl, dvs. at modellens indre struktur ikke beskriver det system, som modellen var tænkt at skulle beskrive; (ii) parameteriseringsfejl, dvs. fejl i de konkrete parametre, der skulle karakterisere det konkrete system, der beskrives; (iii) almindelig usikkerhed på måleresultater og (iv) målefejl.

Daisy er en kompleks model, der er sammensat af en lang række beskrivelser af processer i jord-plante-atmosfære systemet. En fuldstændig validering af en kompleks model som Daisy ville kræve et meget omfattende datasæt. Et sådant datasæt eksisterer ikke. En fuldstændig validering er da heller ikke nødvendig for at give modelprædiktioner troværdighed. En stor del af de procesbeskrivelser, der findes i Daisy, bygger på viden, der er almindeligt anerkendt i det videnskabelige samfund. Disse beskrivelser kan a priori betragtes som validerede. Dette betyder ikke, at disse procesbeskrivelser er ubetinget gyldige, men det betyder, at deres gyldighedsområde og deres begrænsninger er velbeskrevne i den videnskabelige litteratur og vil være kendt af personer uddannet inden for det relevante fagområde. I Daisy knytter usikkerheder i procesbeskrivelserne sig især til de biologisk medierede omsætningsprocesser i jorden og til plantevæksten.

Validering af Daisy i danske og internationale valideringsøvelser

Da ikke alle procesbeskrivelser i Daisy a priori kan anses for velvaliderede, er der behov for validering af modellen. Daisy har da også deltaget i en række nationale og internationale valideringsøvelser. De vigtigste af disse er:

Vereecken et al. (1991)

Vereecken konkluderer, at de testede modeller forklarer mellem 90 og 97% af variationen i målt N-optagelse og mellem 52 og 89% af den målte variabilitet i nitratudvaskning. Forfatteren skriver, at "Comparing the performance of the models on predicted nitrate leaching for all sites, using the statistical criteria in table 4, the EF and RMSE obtained by the DAISY model are closest to the optimum, but only for 29 datasets. For these datasets DAISY explains about 90% of the measured variability with a RMSE of 27.2%.... Daisy tends to underestimate the leaching only slightly. Regression analysis for all the sites shows that the predictions of DAISY yield the highest correlation coefficient, but again for only 29 plots. The slope of the regression line for both ANIMO and DAISY is closest to the optimal value of 1."

De Willigen (1991)

I denne sammenligning blev 18 datasæt stillet til rådighed, og deltagerne kunne selv vælge hvilke, de ønskede at simulere. Modellerne blev sammenlignet med hensyn til fire variable, nemlig jordvandsindhold, jordens indhold af mineralsk N, tørstofproduktion og planternes N-optagelse. Daisy indgår ikke i sammenligningen af jordvandsindhold. Mængden af tilgængeligt N i jorden oversimuleres af alle modellerne, idet to tilførsler af handelsgødning

ikke kan genfindes i måledataene. Tørstofproduktion og N-optagelse i planterne er godt simuleret i valideringen.

Diekkrüger et al. (1995)

I dette studie blev en række forskellige modeller testet på det samme datasæt, der bestod af to tyske lokaliteter. En række parametre blev udvalgt til analyse, og i dette tilfælde var det ens perioder.

Vandindholdet i jorden, trykforholdene og deres tidslige variationer blev simuleret godt både på den mere lerede og den sandede jord, dog overvurderes vandindholdet i sandjorden. Dynamikken i kvælstofindholdet i jorderne simuleres godt i begge tilfælde. Modellen var den eneste af de testede modeller, der var i stand til at reproducere den rigtige dynamik med hensyn til plantevækst for de testede 3 år på den mere lerede jord, selv om biomassen i det ene år var overvurderet. For sandjorden er der en ud af to modeller, der kan ramme biomasse-dynamikken. Den simulerede N-optagelse er i samme størrelsesorden som de observerede. Kun med hensyn til LAI for korn blev det kommenteret, at LAI faldt for hurtigt og for skarpt efter sit maksimum. Valideringens konklusion er, at kun Daisy-modellen simulerer alle processer i samme høje kvalitet (.that except the model of [14] there is no unique model which simulates all processes in the same quality). Desuden kommenterer Diekkrüger, at procesviden hos modeloperatøren spiller en stor rolle for det endelige resultat.

Smith et al (1997)

I dette tilfælde sammenlignedes ni modellers evne til at simulere omdannelser i organiske puljer. Daisy klarede sig rimeligt godt, når der skulle simuleres trends i totalindhold af karbon i jord for de fleste dyrkningssystemer. Den kunne kun simulere ændringer under græs under forudsætning af, at blade og rødder fra græsset blev inkorporeret i jorden. Dette er der siden arbejdet videre med i modellen. I denne undersøgelse sammenlignedes modellerne på basis af en række statistiske indicier. For 4 undersøgte langtidsforsøg var det kun Daisy, der producerede RMSE-værdier under $RMSE_{95}$ for alle simuleringer (Root mean square error), svarende til at simuleringerne ligger inden for et 95%-konfidensinterval. Ligeledes var DAISY den bedste model med hensyn til at simulere observationernes middelværdi. I en tredje test, der omfattede simuleringernes varians, var Daisy en af de to bedste modeller. Også i alle øvrige statistiske tests kom DAISY ud i den bedste gruppe af modeller.

Djurhuus et al.,

I dette studie sammenlignes målinger og simuleringer fra 57 punkter i en mark for henholdsvis en lerjord (Rønhave) og en sandjord (Jyndevad). Studiet viser, at middelværdi og spredningen på de 57 simuleringer af nitrat i jord og målinger i to dybder er overensstemmende. Yderligere vises det, at det er muligt at opnå et godt gæt på effektive parametre ud fra de almindeligt anvendte midlingsrutiner, f.eks. geometrisk gennemsnit for ledningsevner.

Oplands-studier

Styczen og Storm (NPO, B15) sammenlignede simuleringresultater fra Rabis bæk med observationer og fandt, at målinger og simuleringer af nitrat i grundvand stemte overens inden for modellens usikkerhed i form af diskretisering.

Thorsen et al., (2001) finder, at de ret store usikkerheder, der kan være på enkelte simuleringer, til dels udlignes ved simulering for større områder, sådan at en standardafvigelse på halvårlige rodzone-flux-koncentrationer af N på 33-44% reduceres til en

standardafvigelse på 18% på de halvårlige værdier af grundvandskoncentrationer på oplandsniveau.

Konklusion på valideringsøvelser

Daisy har i de valideringer, den har deltaget i, vist prædikteringsevner på højt internationalt niveau og må således betragtes som en velvalideret model.

Standard Daisy

Standard DaisyGIS – eller den standardiserede DaisyGIS - besidder i princippet samme funktionalitet som Daisy, men adskiller sig fra Daisy ved, at en lang række modelparametre a priori er blevet fastlagt. Dog er det således, at jo mere information der er til rådighed, jo mindre forskel vil der være på en Daisy prædiktion og en Standard DaisyGIS prædiktion. En validering af Standard DaisyGIS på et givet informationsniveau er således mere en validering af de basisparametriseringer og de procedurer, som er udviklet i standardiseringsprojektet, end en validering af selve Daisy. Da disse basisparameteriseringer og procedurer er ret omfattende, vil det kræve et ganske omfattende kvalitetskontrolleret datasæt at gennemføre en sådan validering, der i princippet burde gennemføres på forskellige informationsniveauer. I denne valideringsøvelse er DaisyGIS testet op imod observerede data på to observationsmarker og med anvendelse af hhv. 2 sæt jorddata, 2 sæt klimadata og hhv. ukalibrerede og kalibrerede afgrødemoduler. Version 3.35 af Daisy er anvendt i valideringen.

Formål med valideringen

Det primære formål har været at undersøge hvor godt Standard DaisyGIS er i stand til at simulere faktisk målte data med adgang til forskellige niveauer af input data, som man typisk vil have til rådighed i forbindelse med en VVM-undersøgelse. De valgte oplande indeholder flere oplysninger end hvad man normalt vil have til rådighed ved en VVM-undersøgelse, men for at vurdere modellens prædiktionsevne i en VVM-undersøgelse er der kun benyttet de informationer, som må forventes at være til rådighed i forbindelse med en VVM-undersøgelse. I en normal standardiseret opsætning arbejder man imidlertid med permuterede sædskifter. Det er ikke muligt i dette studie.

Beskrivelse af Testområder

Til valideringsøvelsen er valgt 2 af de i alt 6 observationsmarker ved Lillebæk på Fyn, som er en del af det nationale overvågningsprogram. De 2 valgte områder er Station 2 og Station 6. Den ene mark dyrkes som et planteavlsbrug med mange forskellige afgrøder på marken i løbet af valideringsperioden. Der er dog bragt husdyrgødning ud på marken i to ud af de ti år. Station 6 er et husdyrbrug med fodermajs (til ensilage) og vinterhvede som de 2 dominerende afgrøder, og hvor der er bragt kvæggylle ud på markerne alle ti år suppleret med handelsgødning. Sædskiftet på de 2 marker i valideringsperioden er vist i Tabel A10. 1. Begge observationsmarker er JB7-jorde, og den årlige middelnedbør ved den lokale klimastation, Bolsrose, er 726 mm ukorrigeret og 894 korrigeret for valideringsperioden. Nedbøren fra griddata baseret på de 2 grid, der begge grænser op til markerne, er ca. 50 mm mindre. Forsøgsmarkernes fysiske karakteristika er beskrevet mere detaljet i afsnittet om parameterisering. Alle data vedrørende oplandene er stillet til rådighed af DMU.

Tabel A10. 1 Sædskiftet på de to testmarker for den 10-årige valideringsperiode

Høstår	Afgrøder på Station 2	Afgrøder på Station 6
1990	Vinterhvede	Fodermajs
1991	Vårbyg m. udlæg	Fodermajs
1992	Kløverfrø (Rødkløver)	Fodermajs
1993	Vinterhvede (brødkorn)	Vinterhvede (brødkorn)
1994	Vårbyg (+ udlæg)	Vinterhvede (foderkorn)
1995	Markært	Vinterhvede (foderkorn)
1996	Vinterhvede (foderkorn)	Vinterhvede (foderkorn)
1997	Vinterbyg	Vinterhvede (foderkorn)
1998	Vinterraps	Fabriksroer
1999	Rajgræs	Vårbyg/helsæd+eft.

Valideringsmetode

Overordnede betragtninger

Som beskrevet i afsnit 1.4, er et af formålene med øvelsen at vurdere DaisyGIS's evne til at simulere de faktisk målte udvaskninger under brug af forskellige typer af jorddata, klimadata og hhv. ukalibrerede og kalibrerede afgrødemoduler. Samtidig har det været vigtigt, at man ikke har kendt resultaterne, før alle simuleringerne var tilendebragt, for at undgå at man i forbindelse med kalibreringen skulle blive påvirket af resultaterne fra nogle af de tidligere simuleringer. Opstillingen og parameteriseringen af de 2 marker, som er beskrevet i detaljer i Kapitel 4, er sket på baggrund af de anbefalinger, der er beskrevet i Ståbi'en (DHI, 2003). Baseret på disse overordnede betragtninger har proceduren for valideringsøvelsen været som følger:

Tabel A10. 2 En kort trin for trin beskrivelse af proceduren, der er anvendt i valideringsøvelsen

Trin	Beskrivelse
1	Begge marker er opstillet på basis af klimadata fra den lokale klima station. Management er opstillet på baggrund af beskrivelser af anvendte afgrøder og gødningstildeling. Der er for begge marker lavet en opstilling baseret på hhv. anvendelse af lokalt målte jorddata og en opstilling, hvor der er anvendt JB-jorde fra jordbiblioteket (på basis af JB-klassificeringen af overjorden). Nedre rand er som udgangspunkt parameteriseret som anbefalet i Ståbi'en.
2	Den nedre rand er grovkalibreret, så der bliver en nogenlunde overstemmelse mellem observerede og simulerede drænastrømningsperioder. Det vurderes også om vandbalancen og de simulerede grundvandsdybder ser rimelige ud. Kalibreringen sker også under delvis hensyntagen til de simulerede udbytter.
3	Der er derefter kørt 4 simuleringer – 2 for hver observationsmark med én jordparameterisering baseret på JB-jorde fra jordbiblioteket og én baseret på lokale målinger.
4	For de 2 simuleringer, hvor der er brugt jordparameteringer baseret på lokale målinger, er der sket en sammenligning mellem de observerede og simulerede N-udbytter for de enkelte typer afgrøder. I den udstrækning, hvor afvigelsen mellem disse har været mere end de i Ståbi'en anbefalede tolerancer, er der sket en afgrødekalibrering af disse afgrøder med anvendelse af de lokale jorde.
5	Der er derefter kørt 2 simuleringer, en for hver af de to observationsmarker, med anvendelse af lokale klimadata, lokale jorddata og afgrødemoduler, der er kalibreret til

Trin	Beskrivelse
	at give tilfredsstillende N-udbytter på de 2 marker.
6	Trin 1-4 er derefter gennemført som ovenfor beskrevet bortset fra, at der er anvendt grid klimadata i stedet for klimadata fra en lokal station. Der er ikke foretaget nogen separat afgrødekalkibrering med grid data, men i stedet er brugt de afgrødemoduler, som blev kalibreret på plads ud fra anvendelsen af lokale klima data.
7	Efter at alle simuleringer er tilendebragt, er der foretaget en sammenligning mellem de observerede og simulerede data baseret på de valgte valideringsparametre og ved grafiske afbildninger (jf. afsnit 0.

a) Valg af valideringsparametre

Ved validering af modellen for de 2 stationsmarker har det været muligt at sammenligne simuleringerne med forskellige målte data på stedet:

- 1) Høstet tørstof og høstet N på markerne. Disse er forbundet med en usikkerhed på ca. 10-25% på den mængde N, der fjernes. Specielt for foderafgrøder kan der være ganske stor usikkerhed på den mængde N, som er fjernet fra marken.
- 2) Gennemsnitlige nitratkoncentrationer i rodzonen, som er foretaget ca. en gang ugentligt. Der er målt koncentrationer fra sugekopper ca. ti steder i hver mark. Disse væskemængder er blandet sammen, og der er så målt en fælles koncentration. Forskellen i N-koncentrationen i de enkelte sugekopper har dog vist sig at være ganske stor. Det er således ikke ualmindeligt, at disse har varieret med en faktor 10. Usikkerheden på disse målinger vurderes til at være større end 50%.
- 3) Vand- og kvælstoftransport i dræn baseret på koncentrationer målt i dræn ca. ugentligt. Her vurderes usikkerheden til at være mindre end 10%.

For at en validering kan være så pålidelig som muligt, må man tilstræbe at validere op mod så pålidelige målte data som muligt, og derfor er det valgt at validere på baggrund af drænmålingerne.

Det kan så enten vælges at lave en sammenligning baseret på målte koncentrationer i drænene eller baseret på mængden af den kvælstoftransport, der er målt i drænene. Her er valgt at validere på basis af nitratkoncentrationer i drænene, idet koncentrationerne er en mere "stabil" parameter end massen at validere op imod. Dette er der 2 hovedårsager til:

- 1) I nogle tilfælde vil man opleve at drænvandet, man måler på, ikke udelukkende stammer fra den mark, som man modellerer på, men at der også kan være mindre bidrag fra en eller flere omkringliggende marker. Hvis udvaskningen fra de andre marker er den samme som fra den aktuelle mark, vil dette ikke indvirke på koncentrationen, men påvirke massen proportional med det bidrag, der kommer fra disse marker. Er udvaskningen større fra de andre marker, vil det også påvirke massen meget mere end koncentrationen. Kun i de tilfælde, hvor udvaskningen er meget mindre fra de andre marker, vil der være en mindre effekt på massen end på koncentrationen. Der kan også optræde tilfælde, hvor dele af den aktuelle mark ikke bliver drænet til det dræn, som man måler på, eller hvor noget af marken simpelthen ikke er drænet.
- 2) Drænafstrømningens andel af den samlede perkolation er utroligt afhængig af den nedre rand, dvs. afstanden mellem drænene samt aquitardens beliggenhed, ledningsevne og trykniveau. Og da den nedre rand i dette tilfælde skal fastlægges på baggrund af kvalitative informationer omkring tidspunkter for forekomst af drænafstrømning, men uden nogen egentlig kalibrering af drænafstrømningen og dermed fastlæggelse af den

nedre rand, må man forvente at der kan være nogen forskel mellem den observerede og den simulerede drænaftstrømningsandel af den samlede perkolation ud af rodzonen. Derfor vil kalibrering på massen af N-tilførslen til drænene medføre en betydeligt større risiko for fejlbedømmelse af den samlede perkolation ud af rodzonen, end hvis kalibreringen sker på baggrund af koncentrationerne i drænene.

Der er således sket en sammenligning mellem de målte NO₃-N koncentrationer (mg/l) i drænene og de af Daisy simulerede NO₃-N koncentrationer i drænene. Drænvandet indeholder også organisk bundet N, men dette simuleres endnu ikke i Daisy-modellen. Ved beregning af gennemsnit for målte koncentrationer er disse afstrømningsvægtede.

Tabel A10. 3 Liste over de statistiske test parametre, der er brugt i valideringsøvelsen med en kort forklaring

	Parameter	Formel
1	Mean Error (ME)	$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)$
2	Root Mean Square Error (RMSE)	$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right]^{1/2}$
3	Relative Root Mean Square Error (RRMSE)	$RRMSE = \frac{1}{x} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right]^{1/2}$
4	Correlation Coefficient (COR)	$COR = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}}$
5	Coefficient of determination (R ²) (= Nash-Sutcliffe coefficient)	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

hvor

- x_i : Observeret gennemsnitlig årlig NO₃-N-koncentration i dræn i det i'te år
- y_i : Simuleret gennemsnitlig årlig NO₃-N-koncentration i dræn i det i'te år
- \bar{x} : Observerede gennemsnitlige NO₃-N-koncentration i drænet for hele den 10-årige valideringsperiode
- n : Antallet af valideringsår, dvs. 10

b) Valg af valideringsperiode

Der er modelleret på 10 vækstsæsoner (jf. Tabel A10. 1), svarende til perioden fra 1.7.89 til 31.12.2000 med høst af det første års grøder i 1990 og høst af det 10. års afgrøder i sommeren 1999. For kvælstofudvaskningen er der beregnet årsværdier baseret på det agrohydrologiske år, der går fra 1. april til 31. marts. Ved sammenligning med de observerede drænkonzentrationer regnes der således med årsværdier for en 10-årig periode fra 1. april 1990 til 31. marts 2000.

Til beregning af de simulerede gennemsnitlige årlige kvælstofkoncentrationer er brugt NO₃-Drain (Kg/ha/år) og Drainflow (mm/år) fra hhv. NB- og WB-filerne i April-folderen. NH₄ i dræn udgør mindre end 0.1% af NO₃ i dræn. Der er brugt en opvarmningsperiode på 9 år fra 1.7 1980 til 30.6 1989. Valg af klimadata og afgrødefølge for opvarmningsperioden er nærmere beskrevet i afsnittet om parameterisering.

c) Valideringskriterier

Til sammenligning mellem de observerede og de simulerede værdier, og dermed modellens evne til at beskrive de fysiske processer, er anvendt såvel grafiske plot som statistiske test. Af grafiske plot er brugt scatter plots og en sammenligning af den årlige variation af hhv. de observerede og de simulerede nitratkoncentrationer. I Tabel A10. 3 findes en liste over de statistiske test parametre, der er anvendt.

Parameterisering

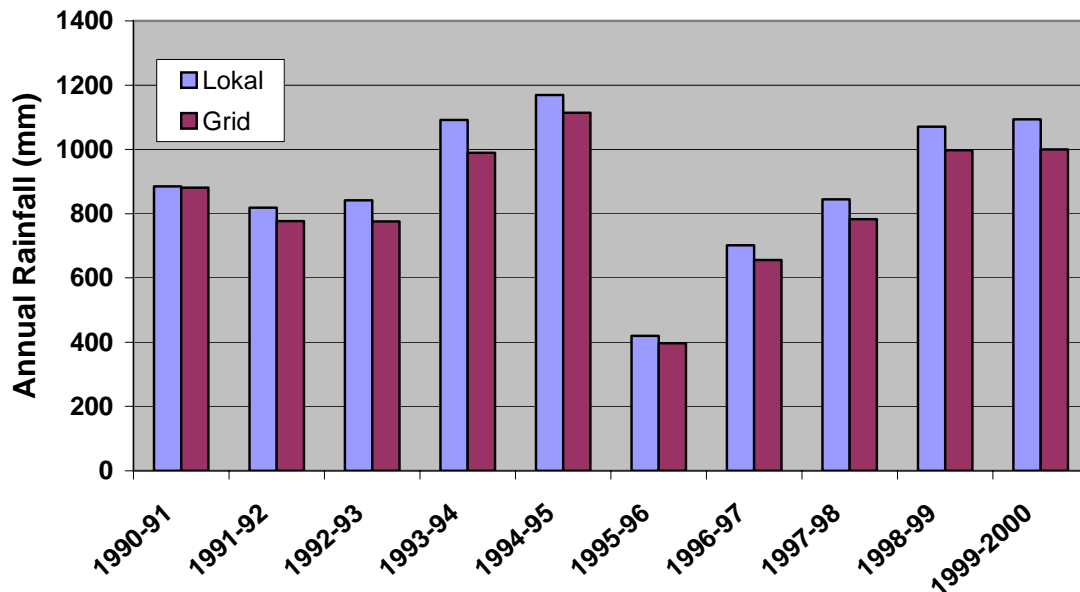
Brug af og parameterisering af klima data

Der er anvendt 2 klimafil: 1) Grid14.dwf, og 2) Bolsmose.dwf. Grid14.dwf er et vægtes 10 x 10 km grid, baseret på grid 10436 og grid 10437. Bolsmose er en lokal station som ligger inden for Lillebæk-oplandet. De nedbørsdata, der optræder i de 2 filer, er ukorrigerede nedbørsdata. Disse er derfor korrigeret i overensstemmelse med de af DMI anviste nedbørskorrekationer, jvf. Tabel 2.1 i Ståbi'en (svarende til læklasse B). Mens der kun er ubetydelig forskel mellem data for globalindstråling og temperatur i de 2 filer, er nedbøren fra den lokale station ca. 50 mm større end i grid-nedbørsfilen for valideringsperioden, jvf. Tabel A10. 4. På daglig basis er der betydelige forskelle på de to nedbørsrserier, og forskellen i årsnedbøren fra de to stationer varierer også lidt fra år til år (Figur A10. 1). En yderligere beskrivelse af de 2 sæt klimadata findes i Thorsen (2003a).

Tabel A10. 4 Gennemsnitlige årsværdier for global indstråling, temperatur og nedbør for hele valideringsperioden (1990-2000)

Klimafil	Ra (W/m ²)	T (°C)	P-ukorr. (mm/år)	P-korr. (mm/år)
Bolsmose.dwf	116.1	8.56	726	894
Grid 14.dwf	116.4	8.62	682	837

Ifølge Ståbi'en må klimafilene ikke indeholde data før 1.1. 1990, idet man bør bruge data fra simuleringsperioden i opvarmningsperioden. Da der dog i dette tilfælde er tale om en sammenligning mod faktisk målte data, er det vigtigt at der er brugt de faktiske data for den periode, der har indvirkning på valideringsperioden. Derfor er det de reelle data, der er brugt for perioden 1.1 1989 til 31.12 2000, mens der for perioden 1980-1988 er brugt data fra valideringsperioden (1992-2000) til at dække disse år.



Figur A10. 1 Variation i korrigeret (lækklasse B) årlig nedbør for perioden 1900-2000 baseret på data fra hhv. den lokale station (Bolsmose) og gridnedbørsdata. Der er brugt agrohydrologisk år (1. april til 31. marts).

For kvælstof deposition er anvendt de samme værdier i begge klimafilere (Daisy's default), og disse er angivet i Tabel A10. 5. Som det ses i af N-balancerne (jf. Tabel A10. 14 og Tabel A10. 20) så svarer det til en total årlig N-deposition på 21-22 Kg. Grunden til at resultaterne viser at der er forskel i N-depositionen ved brug af hhv. lokale og grid klimadata skyldes udelukkende forskellen i nedbør i de to filere. Anvendes Figur 2.2 i Ståbi'en til estimation af deposition, skulle denne ligge mellem 19 og 22 kg/ha. Det er derfor fundet unødvendigt at ændre depositionsværdierne.

Tabel A10. 5 Anvendte depositionsværdier i de to klimafilere (Bolsmose og Grid14).

Depositionstype	Bolsmose/ Grid
NH4 våddeposition (ppm)	0.9
NH4 tørdeposition (Kg N / år)	5.5
NO3 våddeposition (ppm)	0.6
NO3 tørdeposition (Kg N / år)	3.3

Brug af og parameterisering af jorddata

a) Dannelse af standard JB-jorddata fil

Ud fra A-horisontens tekstur er begge jorde klassificeret som JB7-jorde, og A-horisonten er parameteriseret på baggrund af jordbibliotekets parameterisering af A-horisonten for JB7-jord. B- og C-horisonterne er parameteriseret svarende til parameteriseringen for JB1 B- og C-horisonter i jordbiblioteket for at beskrive det "værst mulige tilfælde" (jf. afsnit 4.1.2 i Ståbi'en).

b) Dannelse af jorde baseret på lokale oplysninger

Som nævnt tidligere, bør modelberegninger på mark og bedriftsniveau baseres på lokal information om jordbunden. I dette tilfælde er den lokale jord beskrevet på baggrund af

jordprøver og profilbeskrivelser fra tidligere studier på de 2 testmarker. Hydrau-filen, der beskriver den lokale jord, er baseret på de 2 jordes horisontinddeling og følgende oplysninger fra hver horisont: teksturoplysninger, humusindhold, C/N-forhold og massefylde (jvf. Tabel A10. 6 og Tabel A10. 7).

For begge jorde er parameteriseringen sket på baggrund af en enkelt profilbeskrivelse. De hydrauliske parametre er bestemt ud fra HYPRES pedo-transfer funktionen. Da denne benytter USDA's tekstur inddeling, hvor silt inkluderer kornstørrelser i området 2-50 µm, og de målte data angiver silt fra 2 til 63 µm, er der omregnet til USDA's tekstur inddeling ved hjælp af lineær interpolation mellem de målte værdier. For begge jordtyper er der regnet med en anbefalet maksimal roddybde på 100 cm (jf. afsnit 4.3.2 i Ståbi'en).

Til trods for, at der også findes målinger af de hydrauliske parametre på de to marker, er der ikke lavet nogen validering, hvor parameteriseringen er baseret på målte hydrauliske værdier, idet det er yderst sjældent, at man i forbindelse med VVM-vurderinger vil have sådanne oplysninger til sin rådighed.

Det skal bemærkes, at der for de to stationsmarker foreligger to forskellige profilbeskrivelser og jorddatasæt. Især for station 6 er der meget stor forskel på underjorden i de to beskrivelser. Dette giver stor usikkerhed om, hvad der er mest repræsentativt. Den benyttede profil er valgt, fordi den vurderes til trods alt at være den mest repræsentative for oplandet. Den anden profils underjord består af tynde lag af skiftevis grovsand og ler, endende i et tykkere sandlag. Den kan derfor være afsat i et flodleje/ålb.

Tabel A10. 6 Målte jordparametre for jordprofil fra Station 2

Horisont	Ler (%)	Silt (%)	Finsand (%)	Grovsand (%)	Humusindhold (%)	Massefylde g/cm ³
Ap	18.6	18.0	33.1	28.6	1.7	1.40
Bth	25.9	19.7	30.4	23.4	0.6	1.74
Btg	21.7	21.0	31.4	25.6	0.3	1.69
C	22.7	20.1	30.8	26.2	0.2	1.70

Tabel A10. 7 Målte jordparametre for jordprofil fra Station 6

Horisont	Ler (%)	Silt (%)	Finsand (%)	Grovsand (%)	Humusindhold (%)	Massefylde g/cm ³
Ap	15.9	30.5	28.1	22.8	2.7	1.45
A2	14.1	34.8	31.6	19.1	0.4	1.68
B2tg	34.9	36.1	22.7	6.0	0.4	1.65
C1g	20.9	19.6	28.2	30.9	0.3	1.71

Brug af og parameterisering af management data

a) Afgrødeaktivitetsbeskrivelser og valg af afgrødemoduler
 Afgrødebeskrivelserne for de enkelte afgrøder på de 2 marker følger som udgangspunkt de afgrødebeskrivelser, der er givet i Appendix 8 i Ståbi'en. Mht. valg af afgrødemoduler er som udgangspunkt valgt de afgrødemoduler, som i forbindelse med standardiseringsprojektet er kalibreret til normale danske udbytter. For afgrøderne på de 2 marker drejer det sig om vinterhvede, vårbyg, vinterbyg, markært, græs, frøgræs og fodermajs. For sukkerroer og vinterraps er brugt de oprindelige afgrødemoduler. Da der ikke findes et afgrødemodul for rødkløver, er afgrødemodulet for frøgræs i stedet brugt. Men da denne ikke fikserer kvælstof,

er der tildelt handelsgødning (ammonium) svarende til den mængde, det i datamaterialet er angivet, at afgrøden har fikseret, og gødningen er tildelt ad fire omgange med mængder og på tidspunkter, der svarer til plantens fiksering.

b) Gødningstildelinger

Der er tilført gødningsmængder til de enkelte afgrøder svarende til de faktiske gødningstilførsler. For handelsgødninger har landmændene brugt et utal af forskellige typer. I stedet for at indføre alle disse gødningstyper er der valgt handelsgødningstyper fra fertilizer-filen (primært ammonium, ammoniumnitrat og NPK), som har det samme relative NH_4 -indhold som den faktisk tilførte gødningstype. For husdyrgødning er tildelt de faktiske anvendte typer, dvs. slagtesvinsgylle og kvæggylle på hhv. Station 2 og Station 6. Udbringningsformen er klarlagt ud fra de tilgængelige data og (Thorsen, 2003) og fordampningsmængder er blevet beregnet i DaisyGIS baseret på værdier fra Alfam-projektet, hvilket er indlagt som standard.

Da man ofte ved VVM undersøgelser vil have oplysninger om tilførte gødningsmængder men ikke de eksakte datoer for tilførslen, er der tilført gødning på de datoer, der er angivet i aktivitetsbeskrivelserne for de enkelte afgrøder i afgrødebiblioteket. Der er dog taget hensyn til, om der er tale om efterårs- eller forårsudbring.

c) Tilførsel af organisk stof

Afgrødefølgen er kun kendt for den 10-årige valideringsperiode, men ikke for den forudgående 10-årige opvarmningsperiode. Derfor er vurderingen af gennemsnitlig årlig tilførsel af organisk kulstof for de foregående 10 år vurderet under forudsætning af, at der har været den samme afgrødefølge som i valideringsperioden. Tilførslen er i første omgang vurderet ud fra Tabel 4.3 i Ståbi'en. Efterfølgende er de ændret, så de til sidst stemmer med den af Daisy beregnede mængde årlig kulstoftilførsel, som er angivet i log-filen.

Kalibrering af nedre rand

Kalibreringsprocedure

Parameteriseringen af den nedre rand er sket i forbindelse med kalibreringen af denne. Da den nedre rand har meget stor betydning for det endelige resultat, er der lavet nogle indledende simuleringer for at få grovkalibreret den nedre rand, så de simulerede drænafstrømninger så vidt muligt kommer til at svare til drænafstrømningsobservationerne fra marken.

Der foreligger i dette tilfælde oplysninger om variationer i grundvandsstand i nærliggende observationsboringer samt oplysninger om, på hvilken tid af året der løber vand i de dræn, der afdræner hver af de 2 stationsmarker. Det er i dette tilfælde valgt at kalibrere den nedre rand efter hvor hyppigt og på hvilke tidspunkter i den simulerede 10-årige periode, der optræder vand i drænene.

Ud fra de observerede data er det noteret i hvilke år og hvilke måneder, der forekommer drænafstrømning fra de 2 observationsmarker. Der er efterfølgende lavet nogle få simuleringer for at sikre, at simuleringerne i grove træk også genererer drænafstrømning i disse perioder. Der er ikke lavet nogen egentlig sammenligning af simulerede plot med observerede plot, idet man sjældent vil have oplysninger om drænafstrømning på et sådant detailniveau i forbindelse med en VVM-undersøgelse.

I forbindelse med kalibreringen af nedre rand er der også lavet en sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter, idet lave N-udbytter kan indikere, at den nedre rand generelt ligger lavt, så jorden bliver for tør, og afgrøderne bliver udsat for mere vandstress end det har været tilfældet i virkeligheden. Men specielt på marker som disse, hvor udbytterne generelt er noget højere end landsgennemsnittet for tilsvarende jorde, kan man godt forvente, at udbyttet med en korrekt kalibreret nedre rand i nogle tilfælde vil være noget lavere end det observerede udbytte. Det samme gælder i de simuleringer, hvor der er anvendt en standard JB7-jord i overjorden og standard JB1-jorde i både B- og C-horisonten.

Da der for begge stationsmarker er tale om dræned lerjorde, er der valgt med dræn som nedre rand. Som startpunkt for kalibreringen er valgt de i Ståbi'en anbefalede dræningsparametre på begge marker (jf. afnit 4.2.2 i Ståbi'en). I Tabel 7 er angivet anvendte parametre for nedre rand baseret på grovkalibreringen ved anvendelse af de lokale klimadata. Som det ses, ligger værdierne forholdsvis tæt på de anbefalede værdier fra Ståbi'en, som der er taget udgangspunkt i.

Tabel A10.8 Anvendte parametre for nedre rand baseret på en grovkalibrering, hvor der er foretaget en kvalitativ sammenligning mellem observerede og simulerede afstrømningsperioder

Parametre	Station 2	Station 6
Afstand mellem dræn, L (cm)	1800	1800
Afstand til rør, x (cm)	450	450
Dybde til aquitard, D (cm)	250	250
Ledningsevne i aquitard, Ks (cm/time)	0.002	0.002

Da der kun er ringe forskel på afstrømningsperioderne med hhv. brug af JB-jorden og den lokale jord ved brug af lokale nedbørsdata, er der brugt den samme nedre rand for begge jordtyper. Der er logget i aquitardens overkant (jvf. anbefalinger side 49 i Ståbi'en).

Den gennemsnitlige årlige nedbør er ca. 50 mm mindre fra griddata i forhold de lokale nedbørsdata. Ved anvendelse af griddata i stedet for lokale nedbørsdata, er der derfor anvendt nogle lidt andre parametre i bestræbelser på at få de tilsvarende drænastrømningsperioder som ovenfor. Således er anvendt en mættet ledningsevne i aquitarden på 0.001 og 0.0015 for hhv. Station 2 og Station 6, mens der er anvendt aquitarddybder på 225 og 250 cm for hhv. standard JB-jorden og den lokale jord på begge stationer. En sådan mindre differentiering mellem de to jordtyper mht. aquitarddybden kunne evt. også være foretaget med de lokale klimadata.

Kalibrering af afgrødemodulerne

Som det vil fremgå af resultatpræsentationen, gav simuleringerne med de valgte parameteriseringer udbytter, der afviger betydeligt for de opgivne høstede udbytter. Da det høstede N sammen med tilførsel af N udgør de 2 vigtigste komponenter i kvælstofbalancen, er det vigtigt, at de simulerede udbytter ligger tæt på høstede N-udbytter. Derfor har der været behov for at kalibrere de anvendte afgrødemoduler.

Ændret valg af afgrødemoduler

De simulerede N-udbytter afveg ganske betydeligt fra de faktiske udbytter på begge marker og specielt på Station 6. Ser man på de enkelte afgrøder, er der med nogle få undtagelser også tale om en betydelig undersimulering. Dette skyldes bl.a., at udbytterne på begge marker generelt ligger betydeligt over de af Plantedirektoratet publicerede gennemsnits-normudbytter for tilsvarende jorde (Plantedirektoratet, 2003), som modulerne er kalibreret efter i forbindelse

med standardiseringsprojektet. Derfor blev det besluttet at benytte de gamle afgrødemoduler (som i højere grad simulerer den potentielle planteproduktion) for følgende 3 afgrøder: vinterhvede, vinterbyg og vårbyg. Disse moduler er derefter anvendt for alle kørslerne for disse 3 afgrøder, såvel de kalibrerede som de ukalibrerede simuleringer.

Kalibreringsprocedure

Der er kalibreret efter N-udbyttet fremfor tørstofudbyttet. Ståbi'en anbefaler, at kalibrering af afgrødemodulerne, ud over den kalibrering der er foretaget i forbindelse med standardiseringsprojektet, bliver foretaget ved ændring af DSEff-parameteren (jvf. afsnit 5.5.4 i Ståbi'en). DSEff er en reguleringsfaktor (primært mellem 0 og 1) for fotosyntesen, der knytter sig til plantens udviklingsstadiet. Dette er gjort, hvor det har været muligt. I de fleste tilfælde har det dog ikke været tilstrækkeligt med en justering af denne, fordi der har været tale om betydelige forskelle mellem de observerede og simulerede udbytter, og fordi de simulerede udbytter generelt har været lavere end de observerede. Og DSEff-parameteren har begrænset anvendelse, når man vil forøge de simulerede udbytter, idet man ikke bør anvende DSEff-værdier der er større end 1 (Hansen, 2004). Til forøgelse af de simulerede udbytter er der derfor primært ændret på værdierne for F_m (Den maximale assimileringsrate) og $SpLAI$ (Specifik bladvægt). Ståbi'en nævner, at ændringer kan foretages af $MxNH_4Up/MxNO_3Up$ (den maximale optagelse af ammonium/nitrat pr enhed rodlængde) og dette er gjort i enkelte tilfælde. Desuden er den øvre grænse (tilladt luksusoptag) for N-indholdet i blade, rod, stængel og oplagringsorgan ($PtLeafCnc / PtRootCnc / PtStemCnc / PtSorgCnc$) justeret i enkelte tilfælde. Det ligger ud over Ståbi'ens anbefalinger.

Kalibreringen er foregået således, at der for afgrøder, som optræder to eller flere gange på en eller begge af markerne, er kalibreret efter summen af hhv. de observerede og simulerede udbytter for de år, hvor afgrøden optræder på de 2 marker. Sådan ville det også foregå i en normalt standardiseret opsætning. Men det har betydet, at selv om det samlede simulerede udbytte for en given afgrøde er kalibreret på plads med det samlede observerede udbytte for afgrøden for disse år, så er der, for nogle afgrøder, enkelte år, hvor der er betydelig forskel på det observerede og simulerede udbytte. Dette problem kunne man have løst ved at definere hver enkel afgrøde som en selvstændig afgrøde for hvert år, den optræder. Men det ville man ikke gøre i forbindelse med en VVM-undersøgelse, og derfor er det heller ikke gjort her. For fodermajsens vedkommende er der ikke kalibreret, så de simulerede udbytter bliver lige så høje som de rapporterede udbytter, idet det er vurderingen, at de rapporterede udbytter sandsynligvis er i overkanten af, hvad der faktisk er blevet høstet. De rapporterede udbytter ligger i gennemsnit over de tre år med fodermajs godt 50% over normudbytterne.

Resultater

Nedenfor følger en præsentation af resultaterne af simuleringerne. Hovedvægten er lagt på de simuleringer, hvor der er brugt klimadata fra den lokale klimastation, idet disse data må forventes at være mere repræsentative for de to observationsmarker end griddata'erne, og fordi der kun er lavet separate afgrødekalkibreringer på de setup, hvor der er brugt data fra den lokale klimastation. Efter datapræsentationen følger en diskussion af de standardcheck, der er foretaget i forbindelse med kalibreringerne og den efterfølgende vurdering af de endelige simuleringresultater.

Resultater for station 2 og Station 6 med anvendelse af lokale klimadata

Tabel A10. 9 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 2 med anvendelse af klimadata fra en lokal klimastation (Bolsmose)

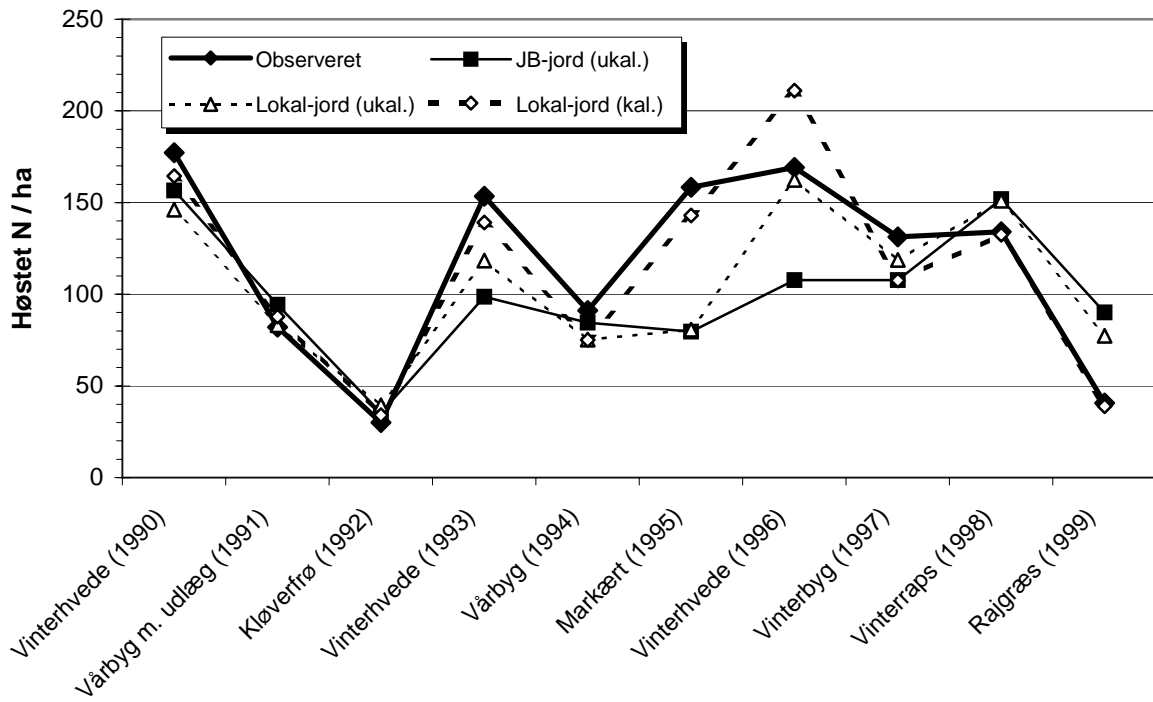
Afgrøde og høstår	Observeret udbytte Kg N/ha	Kun JB-nr. (Ukal.) ¹ Kg N/ha	Lokal-jord (Ukal.) ¹ Kg N/ha	Lokal-jord (Kal.) ¹ Kg N/ha
Vinterhvede (1990)	177	157	146	164
Vårbyg m. udlæg (1991)	82	94	83	88
Kløverfrø (1992)	30	35	39	34
Vinterhvede (1993)	154	99	118	139
Vårbyg (1994)	91	85	75	75
Markært (1995)	158	80	81	143
Vinterhvede (1996)	169	108	162	211
Vinterbyg (1997)	131	108	119	108
Vinterraps (1998)	134	152	151	133
Rajgræs (1999)	41	90	77	39
Totalt	1,168	1,006	1,052	1,134
Afvigelse fra observeret (%)		-13.8	-9.9	-2.9

Tabel A10. 10 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i drænen for Station 2 med anvendelse af klimadata fra lokal klimastation

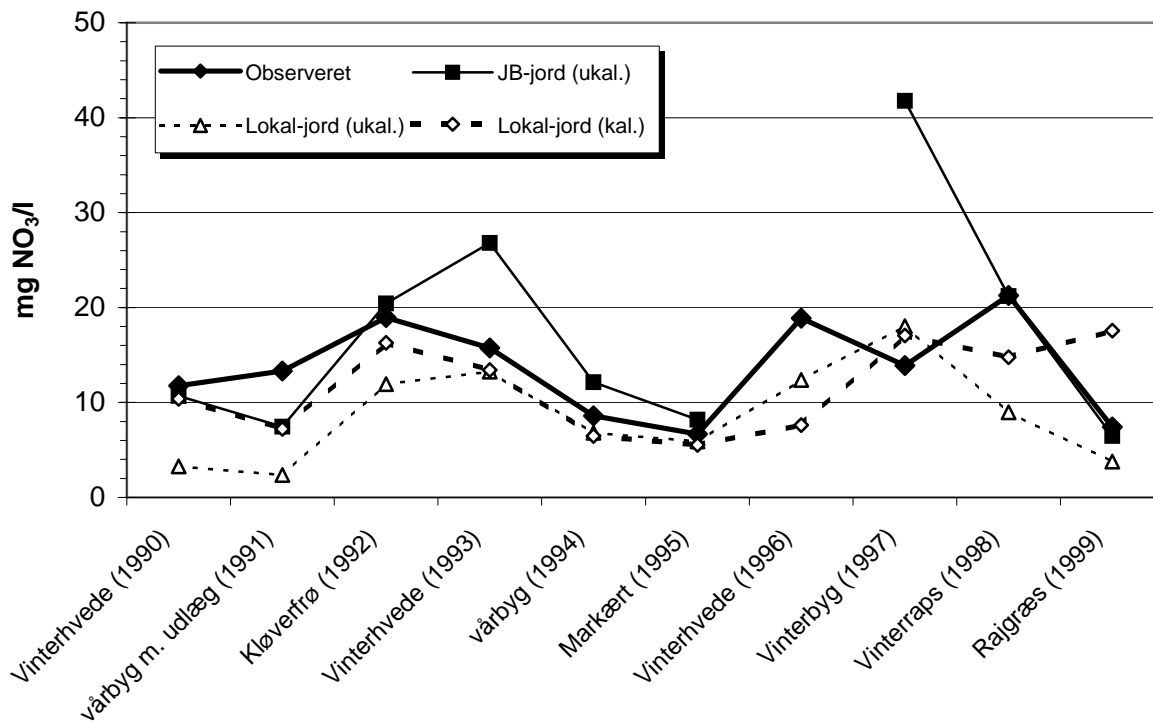
Afgrøde og høstår	Observeret konc. mg/l	Kun JB-nr. (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Kal.) mg/l
Vinterhvede (1990)	11.8	10.7	3.3	10.4
Vårbyg m. udlæg (1991)	13.3	7.5	2.3	7.2
Kløverfrø (1992)	19.0	20.4	11.9	16.3
Vinterhvede (1993)	15.8	26.8	13.2	13.4
Vårbyg (1994)	8.6	12.2	6.8	6.5
Markært (1995)	6.7	8.2	5.9	5.5
Vinterhvede (1996)	18.9		12.4	7.6
Vinterbyg (1997)	13.9	41.8	18.1	17.1
Vinterraps (1998)	21.3	21.2	9.0	14.8
Rajgræs (1999)	7.4	6.5	3.8	17.6
Vægtet Gennemsnit	14.1	18.4	9.0	12.7
Afvigelse fra observeret (%)		30.4	-36.6	-10.2
ME:		-4.17	4.98	2.02
RMSE:		9.76	6.90	5.83
RRMSE:		0.75	0.51	0.43
COR:		0.27	0.27	0.10
R2 (NS ²):		-3.66	-1.03	-0.45

¹ Hhv. ukalibrerede (Ukal.) og kalibrerede (Kal.) afgrødeparametre.

² Nash-Sutcliffe coefficient



Figur A10. 2 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 2 med anvendelse af klimadata fra en lokal klimastation (Bolsmose)



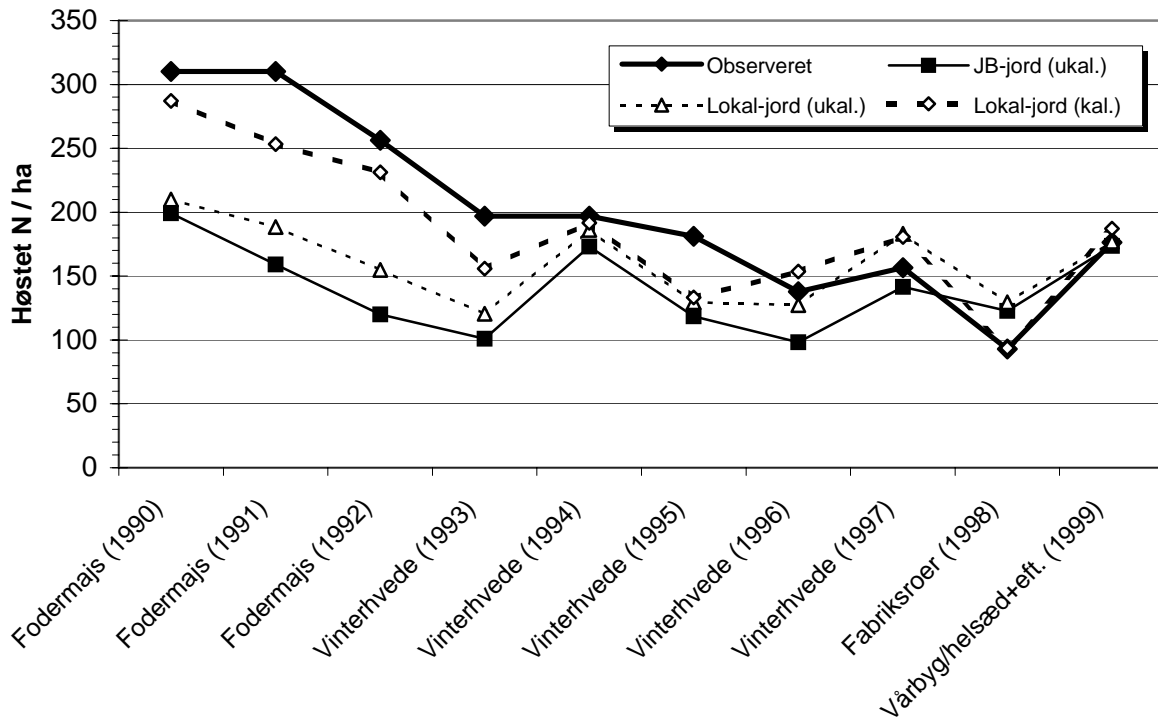
Figur A10. 3 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i drænen for Station 2 med anvendelse af klimadata fra lokal klimastation

Tabel A10. 11 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 6 med anvendelse af klimadata fra en lokal klimastation (Bolsmose)

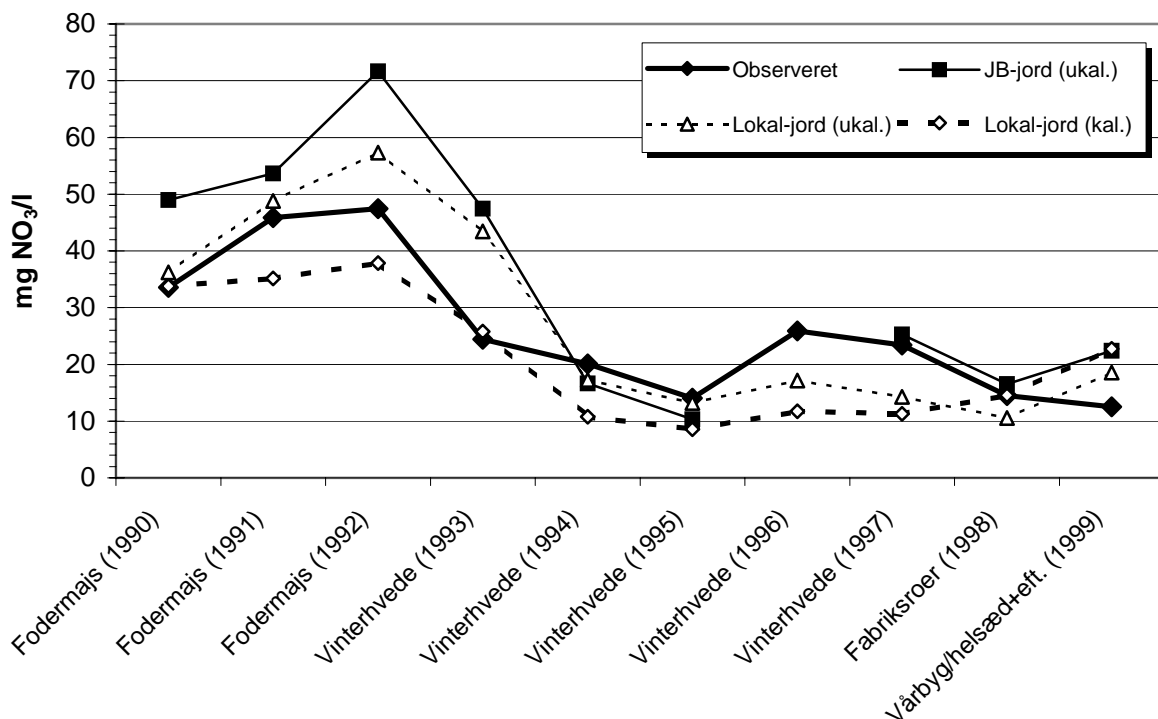
Afgrøde og høstår	Observeret udbytte Kg N/ha	Kun JB-nr (Ukal.) Kg N/ha	Lokal-jord (Ukal.) Kg N/ha	Lokal-jord (Kal.) Kg N/ha
Fodermajs (1990)	310	199	210	287
Fodermajs (1991)	310	159	188	253
Fodermajs (1992)	256	120	155	231
Vinterhvede (1993)	197	101	121	156
Vinterhvede (1994)	197	173	186	192
Vinterhvede (1995)	181	119	130	133
Vinterhvede (1996)	138	98	127	154
Vinterhvede (1997)	157	142	183	181
Fabriksroer (1998)	93	123	130	94
Vårbyg/helsæd+eft. (1999)	176	174	177	187
Totalt	2015	1,407	1,606	1,868
Afvigelse fra observeret (%)		-30.2	-20.3	-7.3

Tabel A10. 12 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N koncentrationer i dræn for Station 6 med anvendelse af klimadata fra lokal klimastation.

Afgrøde og høstår	Observeret konc. mg/l	Kun JB-nr (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Kal.) mg/l
Fodermajs (1990)	33.6	49.0	36.2	33.8
Fodermajs (1991)	45.9	53.6	48.8	35.2
Fodermajs (1992)	47.4	71.7	57.3	37.8
Vinterhvede (1993)	24.4	47.4	43.5	25.8
Vinterhvede (1994)	20.1	16.6	17.3	10.8
Vinterhvede (1995)	14.0	10.3	13.2	8.6
Vinterhvede (1996)	25.9		17.2	11.7
Vinterhvede (1997)	23.4	25.3	14.3	11.3
Fabriksroer (1998)	14.5	16.5	10.6	14.5
Vårbyg/helsæd+eft. (1999)	12.5	22.4	18.6	22.8
Vægtet gennemsnit	24.1	32.7	27.7	21.2
Afvigelse fra observeret (%)		35.6	15.0	-12.0
ME:		-8.56	-1.51	4.95
RMSE:		12.42	8.34	8.82
RRMSE:		0.47	0.32	0.34
COR:		0.83	0.76	0.63
R2 (NS):		-0.09	0.51	0.45



Figur A10. 4 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 6 med anvendelse af klimadata fra en lokal klimastation (Bolsmose).



Figur A10. 5 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i dræn for Station 6 med anvendelse af klimadata fra lokal klimastation.

Tabel A10. 13 Vandbalance for Station 2 og Station 6 med anvendelse af klimadata fra lokal klimastation (Bolsmose).

	Station 2			Station 6		
	Kun JB-nr. (Ukal.) mm	Lokal jord (Ukal.) mm	Lokal jord (Kal.) mm	Kun JB-nr. (Ukal.) mm	Lokal jord (Ukal.) mm	Lokal jord (Kal.) mm
Tilførsel						
Regn	845.67	845.67	845.67	845.67	845.67	845.67
Sne	47.85	47.85	47.85	47.85	47.85	47.85
Kunstig vanding	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tilført i alt	893.52	893.52	893.52	893.52	893.52	893.52
Fraførsel						
Aktuel fordampning	534.33	548.66	545.44	538.06	567.28	567.80
Perkolation til grundvand	163.12	132.76	133.79	161.65	123.30	123.26
Drænafstrømning	194.09	210.26	212.36	192.11	201.46	200.97
Overfladisk afstrømning	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fraførsel i alt	891.55	891.68	891.59	891.82	892.04	892.04
Tilførsel - fraførsel	1.97	1.84	1.93	1.70	1.47	1.47
Ændring i puljer						
Vand på overfladen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jordvand	1.97	1.84	1.93	1.70	1.47	1.47
Ændring i puljer ialt	1.97	1.84	1.93	1.70	1.47	1.47
Vandbalance fejl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel A10. 14 Kvælstofbalance for Station 2 og Station 6 med anvendelse af klimadata fra lokal klimastation (Bolsmose).

	Station 2			Station 6		
	Kun JB-nr. (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Kal.) Kg N/ha	Kun JB-nr. (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Kal.) Kg N/ha
Tilført						
Handelsgødning	93	93	93	104	104	104
Husdyrgødning	51	51	51	212	212	212
Deposition	22	22	22	22	22	22
Fixering	39	40	55	0	0	0
Med frø	3	3	3	3	3	3
Tilført i alt	208	209	225	342	342	342
Fraførsel						
Ammoniak fordampning	3	3	3	32	32	32
Høstet N*	119	124	130	153	173	198
Denitrifikation	19	26	27	27	37	38
Lattergasudvikling	4	4	4	6	6	6
Udvaskning** - Grundvand	30	12	18	55	38	31
Udvaskning** - Dræn	36	19	27	63	55	42
Overfladisk afstrømning	0	0	0	0	0	0
Udvaskning ialt	65	31	45	117	93	73
Fraførsel i alt	212	188	209	335	341	348
Ind – ud	-3	21	16	7	1	-6
Ændring i puljer						
Ændring, Org pulje	-2	22	21	12	2	-1
Ændring, Uorg pulje	0	2	0	-8	-5	-9
I planter	-2	-3	-5	3	4	4
I overfladen	0	0	0	0	0	0
Puljer i alt	-3	21	16	7	1	-6

*"Høstet N" inkluderer her både oplagringsorgan og stængler, strå osv. Udbytter er vist i tabel 11 og 12.

** Det mest gennemarbejdede estimat for udvaskningen stammer fra Thorsen (2003). Hun beregner udvaskninger mellem 40 og 46 kg på Station 2 afhængigt af den valgte nedre rand, hvor de 40 kg estimeres på basis af en tilnærmet drænperiode. Den tilsvarende værdi i ovenstående tabel er 45 kg N/ha. Udvaskningen estimeres til 78 kg/ha fra station 6 hvis hele marken antages at være drænet. Det tilsvarende tal i ovenstående tabel er 73 kg N/ha. Antages det, at kun en del af marken er drænet, falder udvaskningen til 59 kg/ha (Thorsen (2003)). Det sidste estimat giver den bedste overensstemmelse med målte udbytter, men baserer sig på en specialviden, der ikke vil være til stede i en almindelig VVM-undersøgelse.

Resultater for Station 2 og Station 6 med anvendelse af grid klimadata

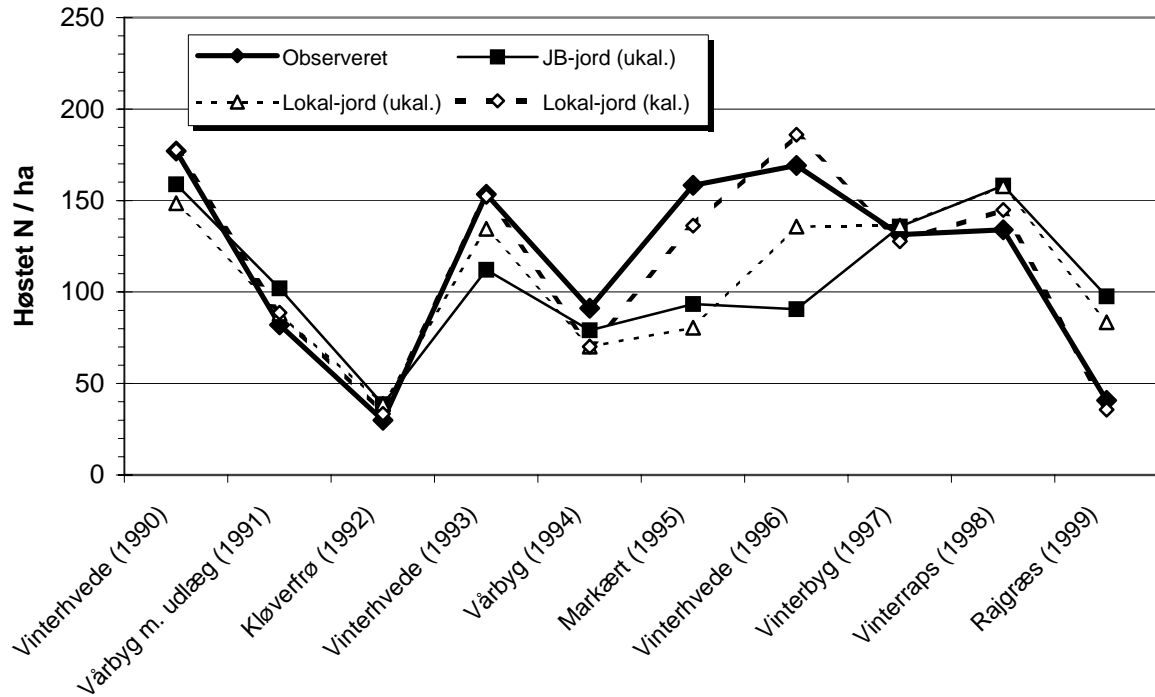
Nedenfor findes en præsentation af simuleringer svarende til dem, der var præsenteret i afsnit 7.1, blot med den forskel at der er anvendt grid klimadata i stedet for data fra den lokale klima station. Idet nedbøren er mindre i grid klimadataene, er parameteriseringen af den nedre rand ændret svagt for at få afstrømningsperioder svarende nogenlunde til de observerede drænaftstrømningsperioder. Desuden er der ved anvendelse af grid data heller ikke lavet en separat kalibrering af afgrødemodulerne, men i stedet er brugt de afgrødemoduler som blev kalibreret i forbindelse med anvendelse af de lokale klimadata.

Tabel A10. 15 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 2 med anvendelse af grid klimadata.

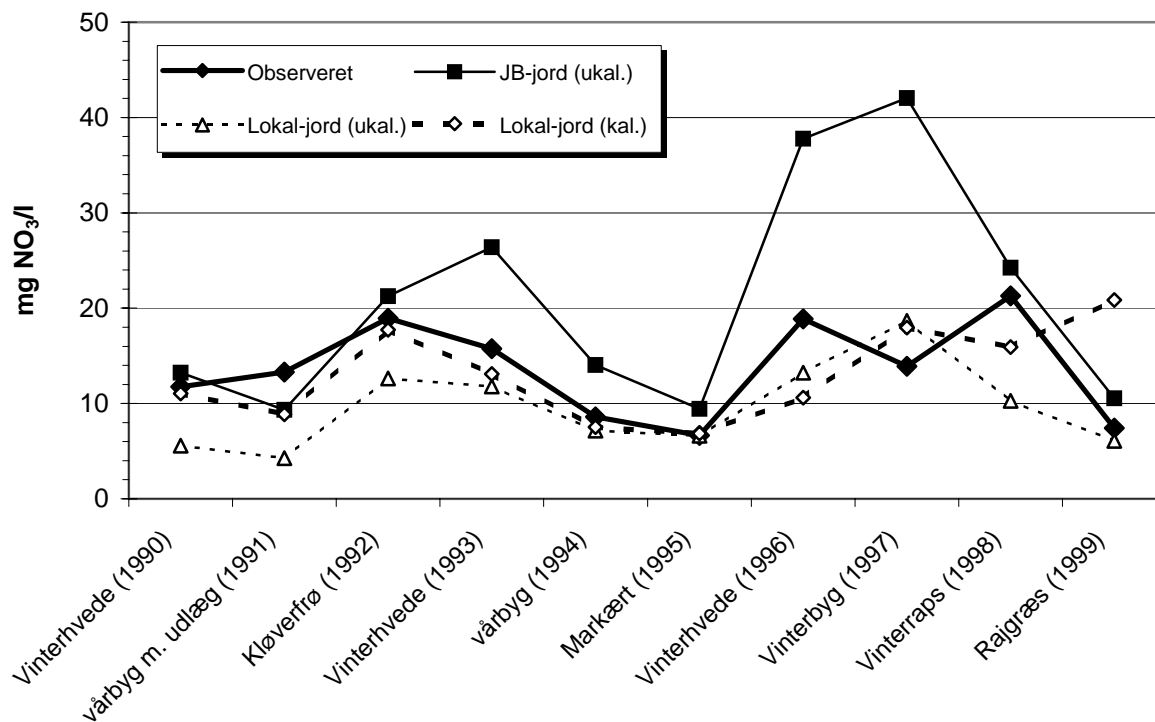
Afgrøde og høstår	Observeret udbytte Kg N/ha	Kun JB-nr. (Ukal.) Kg N/ha	Lokal-jord (Ukal.) ¹ Kg N/ha	Lokal-jord (Kal.) ¹ Kg N/ha
Vinterhvede (1990)	177	159	149	178
Vårbyg m. udlæg (1991)	82	102	88	89
Kløverfrø (1992)	30	39	39	33
Vinterhvede (1993)	154	112	134	152
Vårbyg (1994)	91	79	70	70
Markært (1995)	158	94	80	136
Vinterhvede (1996)	169	91	136	186
Vinterbyg (1997)	131	136	136	128
Vinterraps (1998)	134	158	158	145
Rajgræs (1999)	41	98	83	36
Totalt	1,168	1,067	1,074	1,153
Afvigelse fra observeret (%)		-8.6	-8.0	-1.3

Tabel A10. 16 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i dræn for Station 2 med anvendelse af grid klimadata.

Afgrøde og høstår	Observeret konc. mg/l	Kun JB-nr. (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Kal.) mg/l
Vinterhvede (1990)	12	13	5.6	11
Vårbyg m. udlæg (1991)	13	9	4.3	9
Kløverfrø (1992)	19	21	12.6	18
Vinterhvede (1993)	16	26	11.8	13
Vårbyg (1994)	9	14	7.2	8
Markært (1995)	7	9	6.6	7
Vinterhvede (1996)	19	38	13.2	11
Vinterbyg (1997)	14	42	18.7	18
Vinterraps (1998)	21	24	10.3	16
Rajgræs (1999)	7	11	6.1	21
Vægtet Gennemsnit	14	20	9.4	14
Afvigelse fra observeret (%)		39.6	-33.7	-3.4
ME:		-7.18	4.02	0.60
RMSE:		11.59	5.97	5.69
RRMSE:		0.85	0.44	0.42
COR:		0.37	0.29	0.08
R2 (NS):		-4.72	-0.52	-0.38



Figur A10. 6 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 2 med anvendelse af grid klimadata.



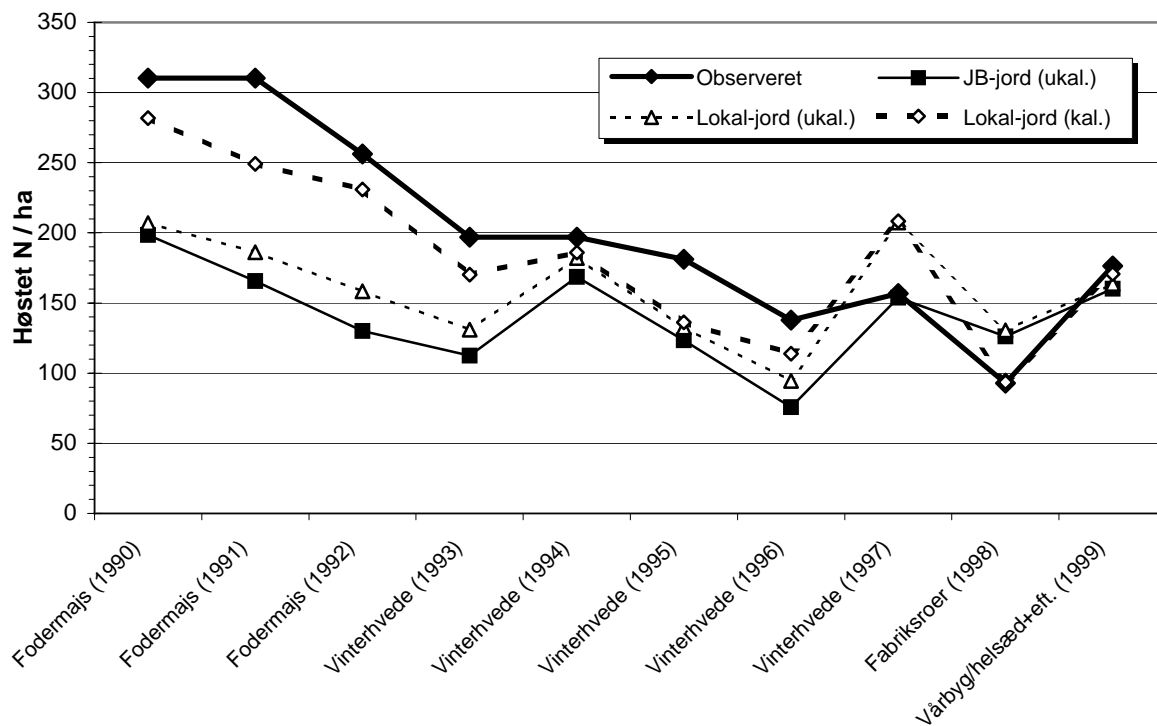
Figur A10. 7 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i dræn for Station 2 med anvendelse af grid klimadata.

Tabel A10. 17 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station 6 med anvendelse af grid klimadata.

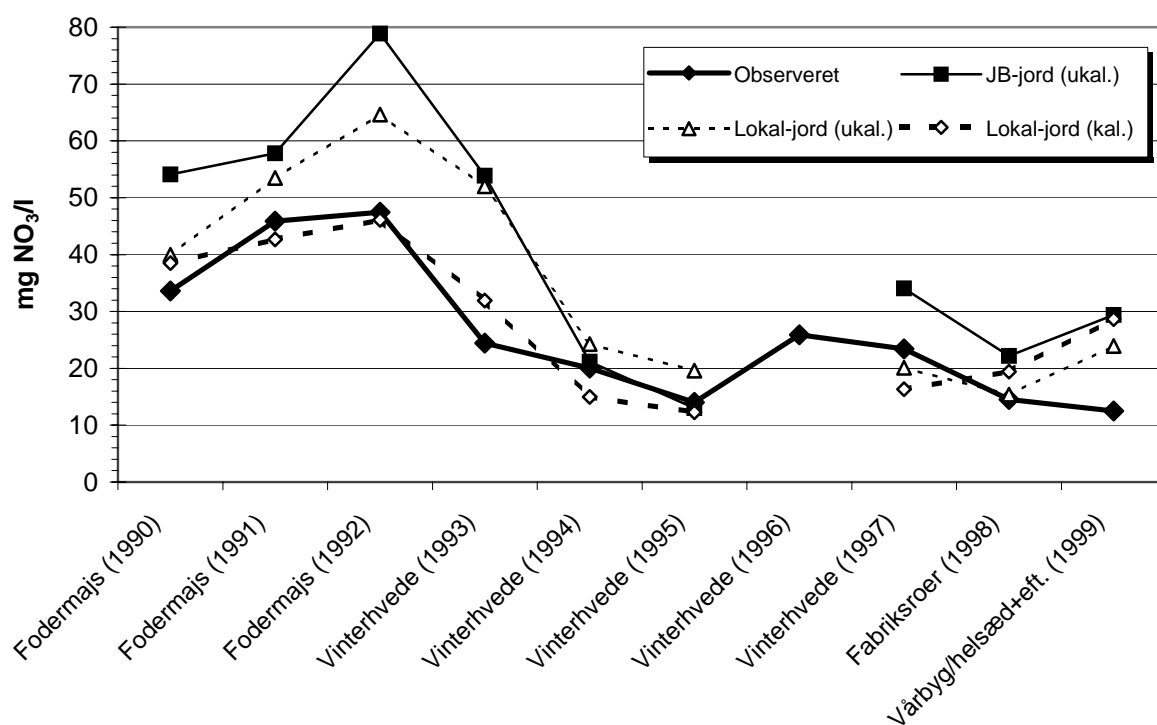
Afgrøde og høstår	Observeret udbytte Kg N/ha	Kun JB-nr. (Ukal.) Kg N/ha	Lokal-jord (Ukal.) Kg N/ha	Lokal-jord (Kal.) Kg N/ha
Fodermajs (1990)	310	199	207	282
Fodermajs (1991)	310	166	186	249
Fodermajs (1992)	256	130	158	231
Vinterhvede (1993)	197	112	131	170
Vinterhvede (1994)	197	169	182	186
Vinterhvede (1995)	181	123	133	136
Vinterhvede (1996)	138	76	94	114
Vinterhvede (1997)	157	154	207	208
Fabriksroer (1998)	93	126	130	93
Vårbyg/helsæd+eft. (1999)	176	160	164	171
Totalt	2015	1415	1593	1840
Afvigelse fra observeret (%)		-29.8	-20.9	-8.7

Tabel A10. 18 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i dræn for Station 6 med anvendelse af grid klimadata.

Afgrøde og høstår	Observeret konc. mg/l	Kun JB-nr. (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Ukal.) mg/l	Lokal-jord (Kal.) mg/l
Fodermajs (1990)	34	54	40	39
Fodermajs (1991)	46	58	53	43
Fodermajs (1992)	47	79	65	46
Vinterhvede (1993)	24	54	52	32
Vinterhvede (1994)	20	21	24	15
Vinterhvede (1995)	14	13	20	12
Vinterhvede (1996)	26			
Vinterhvede (1997)	23	34	20	16
Fabriksroer (1998)	15	22	15	19
Vårbyg/helsæd+eft. (1999)	13	29	24	29
Vægtet gennemsnit	24	39	34	27
Afvigelse fra observeret (%)		61.5	39.4	10.1
ME:		-14.29	-7.75	-1.67
RMSE:		16.97	11.59	6.75
RRMSE:		0.65	0.44	0.26
COR:		0.80	0.76	0.71
R2 (NS):		-1.04	0.05	0.68



Figur A10. 8 Sammenligning mellem observerede og simulerede N-udbytter for Station med anvendelse af grid klimadata.



Figur A10. 9 Sammenligning mellem observerede og simulerede NO₃-N-koncentrationer i dræn for Station 6 med anvendelse af grid klimadata.

Tabel A10. 19 Vandbalance for Station 2 og Station med anvendelse af grid klimadata

	Station 2			Station 6		
	Kun JB-nr. (Ukal.) mm	Lokal jord (Ukal.) mm	Lokal jord (Kal.) mm	Kun JB-nr. (Ukal.) mm	Lokal jord (Ukal.) mm	Lokal jord (Kal.) mm
Tilførsel						
Regn	790	790	790	790	790	790
Sne	47	47	47	47	47	47
Kunstig vanding	0	0	0	0	0	0
Tilført i alt	837	837	837	837	837	837
Fraførsel						
Aktuel fordampning	547	551	547	543	564	565
Perkolation til grundvand	71	74	75	102	94	93
Drænastrømning	217	210	213	190	177	177
Overfladisk afstrømning	0	0	0	0	0	0
Fraførsel i alt	834	835	835	835	835	835
Tilførsel - fraførsel	3	2	2	2	2	2
Ændring i puljer						
Vand på overfladen	0	0	0	0	0	0
Jordvand	3	2	2	2	2	2
Ændring i puljer ialt	3	2	2	2	2	2
Vandbalance fejl	0	0	0	0	0	0

Tabel A10. 20 Kvælstofbalance for Station 2 og Station 6 med anvendelse af grid klimadata

	Station 2			Station 6		
	Kun JB- nr. (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Kal.) Kg N/ha	Kun JB- nr. (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Ukal.) Kg N/ha	Lokal jord (Kal.) Kg N/ha
Tilført						
Handelsgødning	93	93	93	104	104	104
Husdyrgødning	51	51	51	212	212	212
Deposition	21	21	21	21	21	21
Fixering	39	39	53	0	0	0
Med frø	3	3	3	3	3	3
Tilført i alt	208	207	222	341	341	341
Fraførsel						
Ammoniak fordampning	3	3	3	32	32	32
Høstet N	127	127	132	153	172	196
Denitrifikation	19	25	25	26	35	36
Lattergasudvikling	4	4	4	6	6	7
Udvaskning – Grundvand	14	8	10	40	34	28
Udvaskning -Dræn	43	20	29	74	60	47
Overfladisk afstrømning	0	0	0	0	0	0
Ialt – udvaskning	57	27	39	114	94	75
Fraførsel i alt	210	187	204	331	338	345
Ind – ud	-2	21	17	10	3	-4
Ændring i puljer						
Ændring, Org pulje	0	23	21	12	3	0
Ændring, Uorg pulje	-1	0	0	-5	-3	-7
I planter	-1	-2	-4	3	3	3
I overfladen	0	0	0	0	0	0
Puljer i alt	-2	21	17	10	3	-4

Standard-check

a) Vandbalance

En vigtig del af vandbalancecheckene var forsøget på at få simulerede drænafstrømningsperioder til at passe med de observerede drænafstrømningsperioder. Man kunne godt have lavet en kvantitativ sammenligning af mængden af observeret og simuleret drænafstrømning samt en egentlig kalibrering af de observerede og simulerede drænafstrømningskurver. Men det vil man aldrig (eller kun yderst sjældent) have mulighed for at gøre i forbindelse med en VVM-undersøgelse, og det er derfor også undladt at gøre brug af denne detailviden i denne valideringsøvelse. De simulerede aktuelle fordampningstal ser rimelige ud i forhold til andre studier med tilsvarende årlig middelnedbør. Uden at kende det faktiske forhold mellem den del af vandet, der perkolerer ud af rodzonen og går til hhv. grundvand og dræn, så er det i kalibreringen tilstræbt, at drænvandet udgør et sted mellem 50 og 70% af den totale perkolation, hvilket også er tilfældet for alle seks kørsler.

b) Tilførsler af N, ammoniakfordampning og denitrifikation

De tilførte gødningstyper og – mængder er dobbeltchecket og stemmer overens med de angivne faktiske tildelinger. Det skal bemærkes, at der på Station 6 er tildelt meget mere gødning end på Station 2. Dette er den primære årsag til den langt større udvaskning på Station 6, idet forskellen i gødningstildelingen ikke bliver modsvaret af en tilsvarende stigning i høstet N på Station 6. Ammoniakfordampningen er checket og svarer til de forventede mængder baseret på de anvendte gødningstyper, udbringningsmetoder og udbringningstidspunkter. Ammoniakfordampningsberegningerne er baseret på resultaterne fra Alfam-projektet.

Denitrifikationen er ganske betragtelig på begge jorde, men for begge marker er der tale om – efter danske forhold - stærkt lerede jorde. Det ses også, at denitrifikationen på begge jorde er betydeligt større, når der parameterises ud fra lokale jordbundsparametre frem for ved brug af JB7-jorden fra jordbiblioteket, hvilket skyldes, at der for standard JB7-jorden er anvendt JB1-jorde for såvel B- som C-horisonten. Denitrifikationen, såvel den heterotrofe som den autotrofe (lattergasudviklingen), er betydeligt større på Station 6, hvilket formodes at skyldes den meget større tilførsel af husdyrgødning end på Station 2. For Station 6 er den gennemsnitlige årlige totale denitrifikation (inkl. N₂O-udvikling) med anvendelse af lokale jordparametre ca. 45 kg, hvilket er betydeligt over den denitrifikation på ca. 29 Kg N/ha på en drænet JB6-jord med en årlig tilførsel på 20 ton svinegylle/ha/år, der nævnes i Ståbi'en. Men taget i betragtning at der her er tale om en JB7-jord med en gennemsnitlig årlig tilførsel af ca. 36 ton husdyrgødning pr. år og et til tider meget vådt miljø, virker den simulerede denitrifikationsværdi ikke urealistisk høj. Den ligger også på niveau med nogle af de eksperimentelt beregnede værdier for denitrifikation på JB6- og JB7-jorde (Vinther og Hansen, 2004). Et enkelt år er denitrifikationen helt oppe på godt 80 Kg N/ha, men der findes enkeltstående tilfælde, hvor man – under helt specielle forhold – har haft denitrifikations værdier på op mod 200 kg N/ha (Vinther og Hansen, 2004).

For at vurdere om jordene er urealistisk våde på grundlag af uhensigtsmæssige hydrauliske parametre, er den mættede ledningsevne genereret med HYPRES efterfølgende sammenlignet med målte værdier på de pågældende jorde. Værdierne er ikke væsentligt forskellige. En fuld sammenligning ville dog kræve information om også den umættede ledningsevne.

c) Høstudbytter

Som nævnt andetsteds, var de første simulerede N-udbytter på begge marker og især på Station 6 betydeligt under de rapporterede N-udbytter, hvilket har medført behov for en

kalibrering af udbytterne som beskrevet ovenfor. På Station 2 er de simulerede N-udbytter før udbyttekalibrering dog kun ca. 10% for lavt, mens det for Station 6 i gennemsnit er ca. 20% for lavt, hvilket ifølge Ståbi'en bør give anledning til et check af de grundliggende data.

Som det fremgår af de andre check, er der ikke umiddelbart noget, der tyder på, at der er fejl i opsætningen. Den store afvigelse skyldes nok i højere grad, at udbytterne på Station 6 for såvel fodermajs som vinterhveden ligger betydeligt over Plantedirektoratets normer (Plantedirektoratet, 2003), og for fodermajs vedkommende er det tvivlsomt, om de reelle udbytter har været så store som de estimerede udbytter, der er rapporteret.

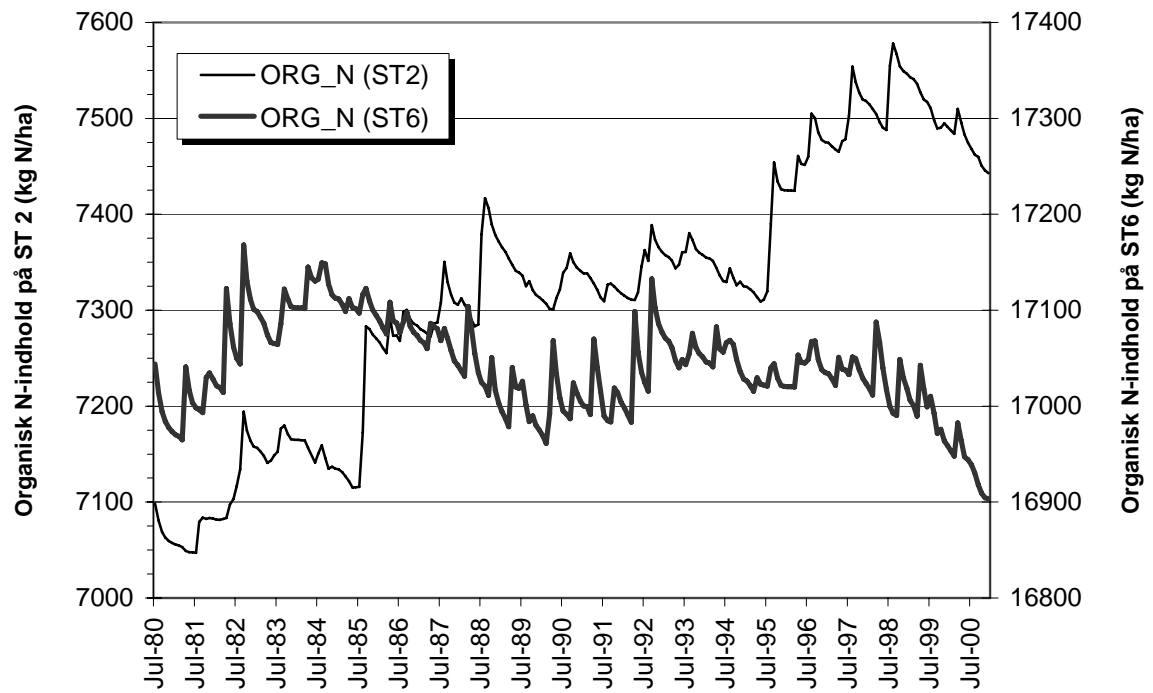
N-indholdet i kernerne ligger generelt på det forventede niveau, bortset fra et par enkelte år hvor de simulerede N-procenter i kernerne af bl.a. vinterhvede og vårbyg ligger i overkanten af, hvad man kan forvente.

For de simuleringer, hvor der er foretaget afgrødekalibreringer og anvendt lokale jordparametre, ligger de høstede N-udbytter på ca. 60-65% af summen af det, der er tilført som gødning og det, der er fikseret.

d) Ændringer i de organiske puljer

På baggrund af informationer om jordens humusindhold, C/N-forhold i de enkelte horisonter samt oplysninger om gennemsnitlig årlig tilførsel af organisk kulstof pr. ha de foregående 10 år initialiserer Daisy fordelingen af organisk stof mellem sine interne puljer. Dette, kombineret med den 10-årige opvarmningsperiode, skulle sikre, at der ikke skulle ske urealistisk store mineraliseringer/immobiliseringer. I forbindelse med kørslerne er der dog foretaget check af de organiske puljer i jorden, specielt med henblik på at sikre, at der ikke er sket store netto N-mineraliseringer/N-immobiliseringer.

Som det ses af Figur A10. 10, er der tale om relativt små ændringer i den organiske N-pulje på begge marker, specielt på Station 6 hvor den gennemsnitlige årlige ændring i valideringsperioden (1990-2000) kun er ca. - 1 kg N/ha/år. For Station 2 er der tale om noget større ændringer i den tilsvarende periode, nemlig ca. + 21 kg N/ha/år. De væsentligste bidrag til denne stigning er nedmuldningen af halmen fra specielt ærter og til dels også rapshalmen. Det ses også i kvælstofbalancen i Tabel A10. 14, hvor ændringer i puljerne er betydeligt større på Station 2 end på Station 6.



Figur A10. 10 Ændringer i det organiske indhold i jorden på de to testmarker for hele kørselsperioden (juli 1980 – december 2000) med anvendelse af lokale jordparametre og kalibrerede afgrødemoduler.

Diskussion

Det er vigtigt at slå fast at modellens prædiktionssevne skal vurderes på baggrund af den samlede afvigelse over den 10-årige valideringsperiode, ligesom VVM undersøgelser bliver vurderet på baggrund af en 10-årig simuleringsperiode. Derfor er hovedtallene, dvs. de totale observerede/simulerede udbytter og de gennemsnitlige drænkonzentrationer i løbet af den 10-årige valideringsperiode samlet i hhv. Tabel A10. 21 og Tabel A10. 22.

Tabel A10. 21 Sammenligning mellem de totale simulerede og observerede udbytter samt mellem observerede og simulerede NO₃-N-konzentrationer i drænvandet på Station 2, hhv. med brug af lokale og grid klima data.

	Observeret	Lokale klima data (Bolsmose)			Grid klima data		
		Kun JB-nr. (ukal.)	Lokal-jord (ukal.)	Lokal-jord (kal.)	Kun JB-nr. (ukal.)	Lokal-jord (ukal.)	Lokal-jord (kal.)
Udbytte (kg N/ha)	1,168	1,006	1,052	1,134	1,067	1,074	1,153
Afvigelse (%)		-13.8	-9.9	-2.9	-8.6	-8.0	-1.3
NO ₃ -N-konc. (mg/l)	14.1	18.4	9.0	12.7	19.7	9.4	13.6
Afvigelse (%)		30.4	-36.6	-10.2	39.6	-33.7	-3.4

Tabel A10. 22 Sammenligning mellem de totale simulerede og observerede udbytter samt mellem observerede og simulerede NO₃-N-konzentrationer i drænvandet på Station 6, hhv. med brug af lokale og grid klima data.

	Observeret	Lokale klima data (Bolsmose)			Grid klima data		
		Kun JB-nr. (ukal.)	Lokal-jord (ukal.)	Lokal-jord (kal.)	Kun JB-nr. (ukal.)	Lokal-jord (ukal.)	Lokal-jord (kal.)
Udbytte (kg N/ha)	2015	1407	1606	1868	1415	1593	1840
Afvigelse (%)		-30.2	-20.3	-7.3	-29.8	-20.9	-8.7
NO ₃ -N-konc. (mg/l)	24.1	32.7	27.7	21.2	39	34	27
Afvigelse (%)		35.6	15.0	-12.0	61.5	39.4	10.1

Ved et hurtigt blik over Tabel A10. 21 og Tabel A10. 22 må man konkludere at Standard DaisyGIS har været i stand til simulere den gennemsnitlige NO₃-N-konzentration i drænene på de to testmarker ganske tilfredsstillende, når der først er sket en afgrødekalibrering.

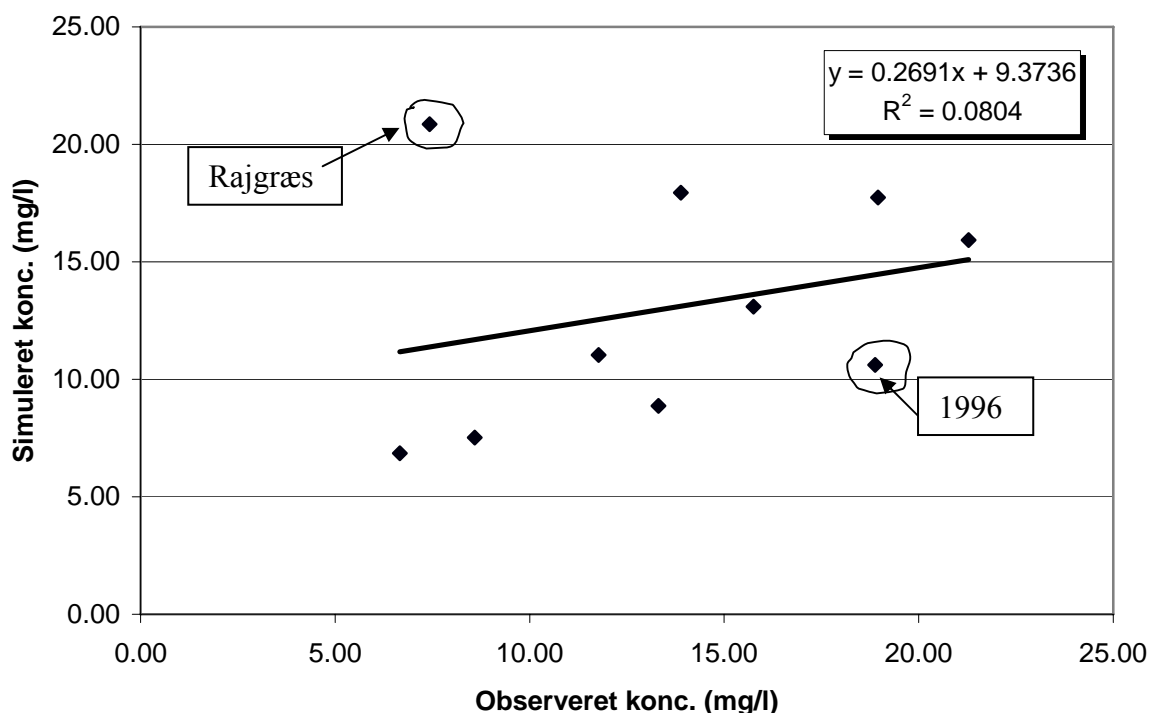
For de afgrødekalibrede simuleringer så afviger den simulerede og den observerede NO₃-N-konzentration i drænvandet på Station 2 således hhv. kun 10% ved brug af lokale klima data og er helt nede på en afvigelse på ca. 3% ved brug af grid klima data. For Station 6 er de simulerede koncentrationer hhv. 12% lavere ved brug af lokale klima data og ca. 10% højere ved brug af grid klima data i forhold til observationerne.

Mens Standard DaisyGIS simulerer den gennemsnitlige drænafstrømning over hele den 10-årige valideringsperiode ganske tilfredsstillende ved en forudgående afgrødekalibrering, så er der betydelig større afvigelser på de enkelte år, som det fremgår af Figur A10.2, A10.4, A10.6 og A10.8. For Station 2 findes de største afvigelser i 1996 hvor N-udbyttet er betydeligt oversimuleret (trods en lille nedbør), og så det sidste år hvor der er græs (se Figur A10.10). På Station 6 findes en af de største afvigelser også det sidste år hvor der er vårbyg/helsæd og

efterafrøde. Andre studier har også demonstreret at der ofte opstår problemer når der skal simuleres græs (Styczen, 2004). Der er et stort behov for mere arbejde omkring beskrivelse af græsafrødemoduler. Mht. til afgrødemoduler generelt, så viser dette studie også at det i tilfælde som her, hvor man har udbytter der er langt over normudbytterne, kan være problematisk at arbejde med afgrødemoduler, der er kalibreret ind til at skulle ramme normudbytterne.

Mht. til høstudbytterne, så afviger simuleringerne så meget fra observationerne, at det er nødvendig med en afgrødekalibrering, før man kan foretage de endelige beregninger. På Station 2 er den samlede afgivelser i udbytterne dog kun ca. 10%, mens afvigelse er helt oppe på ca. 20% og 30% for Station 6. De store afvigelse på Station 6 kan skyldes at udbytterne generelt ligger betydeligt over normudbytterne og i nogle tilfælde kan der være tale om at de indrapporterede udbytter er overestimerede. Således ligger udbyttet for fodermajs som gennemsnit over en 3-års periode over 50% over normtallene.

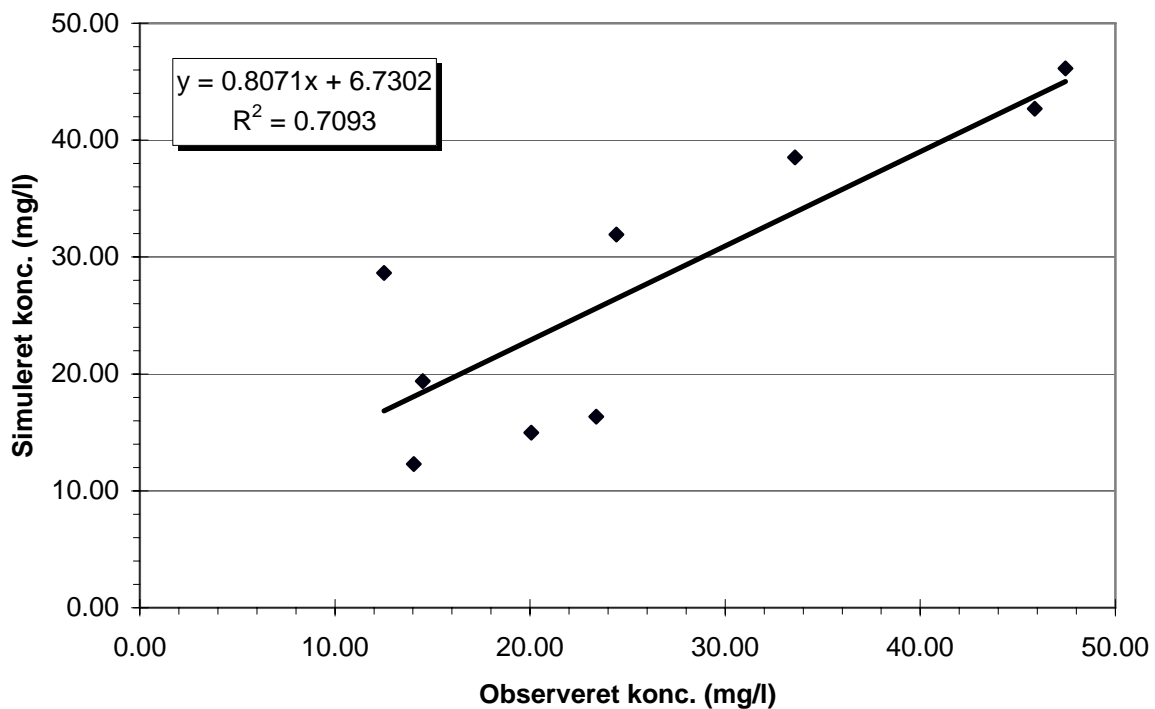
Mht. til anvendelse af forskellige jordparameteriseringer, så optræder de største afvigelser fra de observerede udbytter, når der er brugt standard JB7-jorde, hvilket er naturligt idet der er brugt JB1-jorde i både B- og C-horisonterne. Dette resulterer i ganske store afvigelser på prædiktionen af drænkonzentrationerne på 30% og mere. Dette illustrerer ganske tydeligt vigtigheden af anbefalingerne i Ståbi'en om at "Modelberegninger på mark og bedriftsniveau skal baseres på lokal information om jordbunden."



Figur A10. 11 Scatter plot af observerede og simulerede drænkonzentrationer for Station 2 med anvendelse af grid klima data.

Mht. til brug af forskellige typer klimadata, så er forskellene med hensyn til såvel N-udbytter som drænkonzentrationer meget mindre end det er tilfældet med brug af forskellige jordparametre. Der er således kun meget ringe forskel på de N-udbytter der er blevet simuleret ved brug af hhv. lokale og grid klima data. Til gengæld er der nogen forskel mellem de simulerede drænkonzentrationer ved anvendelse af hhv. lokale og grid klima data. Dette

skyldes bl.a. at den aktuelle fordampning kun i ringe grad er afhængig af de anvendte klima data, så den forskel der er i nedbøren bliver næsten direkte afspejlet i den mængde vand der perkolerer til hhv. dræn og grundvand. Af samme årsag optræder der højere drænkonzentrationer ved anvendelse af grid-klimadata, idet den årlige nedbør her er ca. 50 mm mindre end fra den lokale klima station, og den nedsivende mængde nitrat, der er næsten uændret, bliver derfor mindre fortyndet ved anvendelse af grid data. Til trods for at anvendelse af grid-klimadata her giver en lidt bedre prædiktion af drænkonzentrationerne, kan man på ingen måde på baggrund af denne øvelse konkludere at dette generelt kan forventes. Et kig i bakspejlet viste også at de simulerede drænaflstrømningsperioder ved anvendelse af grid klima data passede en anelse bedre med den observerede drænaflstrømningsperioder, hvilket kan have været medvirkende årsag til dette resultat.



Figur A10. 12 Scatter plot af observerede og simulerede drænkonzentrationer for Station 6 med anvendelse af grid klima data.

Valideringsøvelsen demonstrerer også ganske tydeligt at man ved en overordnet vurdering af prædiktionsfejlen bør kigge på flere testparametre. Sammenligner man f.eks. simuleringerne af drænkonzentrationerne for Station 2 og Station 6 ved anvendelse af grid klima data, ses det at afgangsfølgen kun er ca. 3% for Station 2 men ca. 10% for Station 6. Til gengæld er både korrelationskoefficienten og Nash-Sutcliffe koefficienten betydeligt bedre for Station 6, idet der er for Station 2 er 2 år som forringer disse 2 koefficienter betydeligt, mens der for den andre 8 år kun er mindre forskelle mellem de simulerede og observerede koncentrationer, og derfor en lille afvigelse på gennemsnitsværdien over de ti år.

Konklusion

- Valideringsøvelsen tyder på at resultater af simuleringer, der følger ståbi-ens metode og ligger inden for det erfaringsområde, som funktionerne er udviklet på, ligger inden for 10-15% af de sande værdier.
- Denne lave afvigelse opnås først når udbytterne er kalibrerede.
- Øvelsen viste, at der er usikkerhed på estimering af udbyttet i foderafgrøder, og at dette også vil smitte af på kalibreringen. Imidlertid synes der at være et grundlæggende problem med den anvendte parameterisering af Daisy's nuværende græsmodul. Dette bør revideres.
- Øvelsen understøtter kravet om at der er behov for lokal jordinformation.

Referencer

de Willingen, P. (1991): Nitrogen turnover in the soil-crop system; comparison of fourteen simulation models. *Fert. Res.*, 27, 141-149.

DHI (2003): Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund ("Ståbi'en"). DHI – Vand og Miljø, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Dansk Jordbrugsforskning, WaterTech og Landbrugets Rådgivningscenter, 2003.

Diekkrüger, B., Söndgerath, D., Kersebaum, K.C. and McVoy, C.W. (1995): Validity of agroecosystem models. A comparison of results of different models applied to the same data set. *Ecological Modelling* 81, 329.

Djurhuus, J., Hansen, S., Schelde, K., and Jacobsen, O.H. (1999): Modelling the mean nitrate leaching from spatial variable fields using effective parameters. *Geoderma* 87, 261-279.

Plantedirektoratet (2003): Vejledning og skemaer, 2003/04. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Smith, P., Smith, J.U., Powlson, D.S., Arah, J.R.M., Chertov, O.G., Coleman, K., Franko, U., Frohling, S., Gunnewiek, H.K., Jenkinson, D.S., Jensen, L.S., Kelly, R.H., Li, C., Molina, J.A.E., Mueller, T., Parton, W.J., Thornley, J.H.M. and Whitmore, A. P. (1997): A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma* 81 (12), 153-222.

Styczen, M. (2004): Personlig kommunikation.

Styczen, M. and Storm, B. (1993a): Modelling of N-movement on catchment scale - a tool for Analysis and Decision Making. 1. Model Description. *Fert. Res.* 36, 16.

Styczen, M. and Storm, B. (1993b): Modelling of N-movement on catchment scale - a tool for Analysis and Decision Making. 1. A Case Study. *Fert. Res.* 36:7-17.

Thorsen, M. (2003a): Vandbalancen i Lillebækoplandet - effekter af datavalg. Afdeling for Ferskvandsøkologi. Danmarks Miljøundersøgelser.

Thorsen, M. (2003b): Personlig kommunikation.

Thorsen, M., J.C. Refsgaard, S. Hansen, E. Pebesma, J.B. Jensen and S. Kleeschulte (2001): Assessment of uncertainty in simulation of nitrate leaching to aquifers at catchment scale. *J. Hydrology* 210: 210-227.

Vereecken, H., Jansen, E.J., Hack-ten Broeke, M.J.D., Swerts, M., Engelke, R., Fabrewiz, F. and Hansen, S. (1991): Comparison of simulation results of five nitrogen models using different data sets. In: *Soil and Groundwater Research Report II: Nitrate in Soils, 1991: 321-338.*
Vinther, F. P. og Hansen, S. (2004) SimDen - en simpel model til kvantificering af N₂O-emission og denitrifikation. DJF rapport Markbrug, nr. 104.