



Statens
Planteavlsforsøg

Statens Planteværnscenter

Sekretariatet

Lottenborgvej 2 15/9-83.

2800 Lyngby

Beretning nr. S 1655

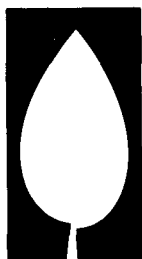
Jordbrugsmeteorologi II

Rapport fra
Jordbrugsmeteorologiprojektet 1981–1982

Søren A. Mikkelsen, Jørgen E. Olesen og Ege Friis
Dataanalytisk Laboratorium

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1983



Statens
Planteavlsforsøg

Beretning nr. S 1655

Jordbrugsmeteorologi II

Rapport fra
Jordbrugsmeteorologiprojektet 1981–1982

Søren A. Mikkelsen, Jørgen E. Olesen og Ege Friis
Dataanalytisk Laboratorium

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1983

F o r o r d

Denne rapport er en redegørelse for arbejdet på 2. etape (1981-82) af forskningsprojektet "Jordbrugsmeteorologi" ved Statens Planteavlsforsøg. Rapporten er en fortsættelse af Beretning nr. S1538 fra Statens Planteavlsforsøg: "Jordbrugsmeteorologi", som redegør for arbejdet på projektets 1. etape (1980).

Projektet er finansieret af Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg. Til nogle af projektets aktiviteter er endvidere ydet støtte fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd.

Projektet afsluttedes med udgangen af 1982. De forskningsmæssige aktiviteter videreføres af Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, som pr. 1. januar 1983 er oprettet som en selvstændig, permanent afdeling ved Statens Planteavlsforsøg.

Rapporten gør i oversigtsform rede for de opgaver, der er arbejdet med i de forløbne to år. De enkelte arbejder er beskrevet mere udførligt i særskilte publikationer. I afsnit 14 er vist en liste over de publikationer, der er udarbejdet i tilknytning til projektet.

Rapporten er opdelt i delene I, II og III. Del I (afsnit 1-2) består af indledning og omtale af projektets meteorologiske datamateriale. Del II (afsnit 3-9) viser eksempler på de udførte undersøgelser. I del III (afsnit 10-14) er omtalt de jordbrugsvejruddsigter, som Vejrtjenesten på Meteorologisk Institut påbegyndte i 1982. Endvidere er erfaringerne fra projektarbejdet søgt konkluderet, og den nyoprettede Jordbrugsmeteorologiske Tjeneste er omtalt. Figurer, tabeller og ligninger er nummereret fortløbende for hele rapporten.

Projektets arbejdssted har været Dataanalytisk Laboratorium, Lyngby. Databehandlingerne er fortrinsvis udført på NEUCC, Det regionale EDB-center ved Danmarks tekniske Højskole. En del er udført på en mikro-datat, som er anskaffet i fællesskab med Dataanalytisk Laboratorium.

Styringsgruppen for projektet har bestået af følgende medlemmer: forstander Hardy Knudsen, Landbrugscentret (formand), statsmeteorolog Chr. Dumstrei, Meteorologisk Institut, Klimatologisk Afdeling, chefkonsulent Frank Bennetzen, Landskontoret for Planteavl, afdelingsbestyrer K. Sandvad, Dataanalytisk Laboratorium, afdelingsbestyrer Jørgen Jakobsen, Planteværnscentret, afdelingsmeteorolog Frank Lynge Larsen, Meteorologisk Institut, Klimatologisk Afdeling og vid.ass. Kaj Henriksen, Havebrugscentret.

Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg og Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd takkes for de givne bevillinger, og styringsgruppens medlemmer takkes for kritiske kommentarer og gode råd. Desuden tak til mange kontakter, projektet har fået blandt meteorologer, jordbrugsforskere og -rådgivere. Speciel tak til Dataanalytisk Laboratorium for et givtigt samarbejde og for benyttelse af laboratoriets faciliteter. Tak til sekretær Tove Hagerup for sekretærbistand undervejs og for renskrivning af rapporten.

Maj 1983

Søren A. Mikkelsen

Jørgen E. Olesen

Ege Friis

INDHOLDSFORTEGNELSE.

RESUMÉ	7
SUMMARY	8
D E L I	
1. INDLEDNING	9
1.1 Samarbejde	9
1.2 Projektets arbejde	10
2. PROJEKTETS METEOROLOGISKE DATAMATERIALE	11
2.1 Meteorologisk Instituts observationsprogram	11
2.2 Transmission af data fra Meteorologisk Institut til NEUCC	14
2.3 Databanker med meteorologiske data	17
D E L II	
3. JORDBRUGSMETEOROLOGI OG PLANTESYGDOMME	19
3.1 Indledning	19
3.2 Projektets arbejde med varslingsmodeller for plante- sygdomme	20
3.2.1 Modellerne	20
3.2.2 Datamateriale og programmel	26
3.2.3 Resultater	26
3.2.4 Diskussion	34
4. MODEL FOR METEOROLOGISKE FORHOLDS INDFLYDELSE PÅ ANGREB AF KNOPOREME	36
4.1 Indledning	36
4.2 Datamateriale	36
4.3 Resultater	38
4.4 Diskussion	39
5. VARMESUMSMODELLER TIL BEREGNING AF INDUSTRIÆRTERS HØSTTIDSPUNKT	40
5.1 Indledning	40
5.2 Datamateriale og metoder	41
5.3 Resultater og diskussion	42

6.	BEREGNING AF MERUDBYTTE VED VANDING I BYG, GRÆS OG KARTOFLER	45
6.1	Undersøgelsens baggrund	45
6.2	Datamateriale	45
6.3	Model	46
6.4	Resultater og diskussion	47
7.	MODEL FOR DE METEOROLOGISKE FORHOLDS INDFLYDELSE PÅ MEJETÆRSKERMODENT BYGS VANDINDHOLD	48
7.1	Undersøgelsens baggrund	48
7.2	Datamateriale	49
7.3	Model	49
7.4	Resultater og diskussion	51
8.	RELATIONER MELLEM MINIMUMTEMPERATUREN I 2 M HØJDE OG VED JORDOVERFLADEN	53
8.1	Undersøgelsens baggrund	53
8.2	Datamateriale	54
8.3	Metoder	54
8.4	Resultater og diskussion	55
9.	UNDERSØGELSE AF DE METEOROLOGISKE FORHOLDS BETYDNING FOR FOREKOMSTEN AF SOMMERMASTITIS	57
9.1	Undersøgelsens baggrund	57
9.2	Datamateriale	58
9.3	Metoder	60
9.4	Resultater og diskussion	62
D E L	III	
10.	JORDBRUGSVEJRUDSIGTER	63
10.1	Baggrund	63
10.2	Udsigternes indhold og formidling	63
10.3	Diskussion	66
11.	KONKLUSION	66
12.	JORDBRUGSMETEOROLOGISK TJENESTE	68
13.	LITTERATURLISTE	70
14.	LISTE OVER PUBLIKATIONER UDARBEJDET I TILKNYTNING TIL JORDBRUGSMETEOROLOGIPROJEKTET	74

RESUMÉ

Der gives en kort gennemgang af arbejdet på forskningsprojektet Jordbrugsmeteorologi 1981-82, til hvis aktiviteter der er ydet støtte fra Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg og fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd. Projektet afsluttedes med udgangen af 1982, og aktiviteterne fortsættes af Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, der er oprettet som en selvstændig afdeling ved Statens Planteavlsvforsøg.

Projektarbejdet har omfattet oprettelse og vedligeholdelse af databanker med meteorologiske data. En databank med Meteorologisk Instituts synoptiske data fra 1982 og fremefter opdateres daglig ved transmission fra Meteorologisk Instituts regneanlæg. De synoptiske data anvendes forsøgsvis som inddata i meteorologiske varslingsmodeller for plantesygdommene kartoffelskimmel, hvedens brunpletsyge, knækkefodsyge og ildsot.

Der er udviklet en statistisk model for de meteorologiske forholds indflydelse på angreb af knoporme, varmesumsmodeller til beregning af høsttidspunkt for ærter til industri, en model til beregning af merudbyttet ved vanding i byg, græs og kartofler, og en model for de meteorologiske forholds indflydelse på vandindholdet i høstmoden byg. Endvidere er foretaget en undersøgelse af relationerne mellem minimumtemperaturen i 2 m's højde og ved jordoverfladen samt af de meteorologiske forholds betydning for forekomsten af sommermastitis. I samarbejde med Meteorologisk Institut er udarbejdet grundlaget for jordbrugsvejruksigter, der daglig udsendes af Vejrtjenesten ved Meteorologisk Institut.

SUMMARY

A review is given of the activities of the research project Agricultural Meteorology 1981-82, which was financially supported by the Joint Committee for Agricultural Research and Experiments and by The Danish Agricultural and Veterinary Research Council. The project ended in 1982, and the research work is continued by Agro-meteorological Service, which has been established as a department of the Danish Research Service for Plant and Soil Science.

Data banks with meteorological data have been established and maintained. A data bank with Danish synoptic data is updated by daily transmission from the Meteorological Institute. The data is used as input to meteorological models for warning against the plant diseases potato late blight, glume blotch, Cercospora Eye-spot and fireblight.

The research work has included development of a statistical model for the effect of climatic factors on cutworm attack level, growing-degree-days models for predicting the date of harvest of vining peas, a model for estimating the effect of irrigation on the yield of barley, grass and potatoes, and a meteorological model for the variation in water content of ripe barley. The relationship between the night minimum temperature at 0.2 m and 2 m above ground was investigated, and a study was made on the influence of meteorological factors on the incidents of summer mastitis.

D E L I

1. INDLEDNING

1.1 Samarbejde.

Jordbrugsmeteorologi er en tværvidenskabelig disciplin, der beskæftiger sig med de meteorologiske og klimatiske forholds direkte og indirekte indflydelse på planter og dyrs udvikling og produktion. Jordbrugsmeteorologiens tværfaglighed og vigtigste samarbejdsområder er vist skematisk i fig. 1.

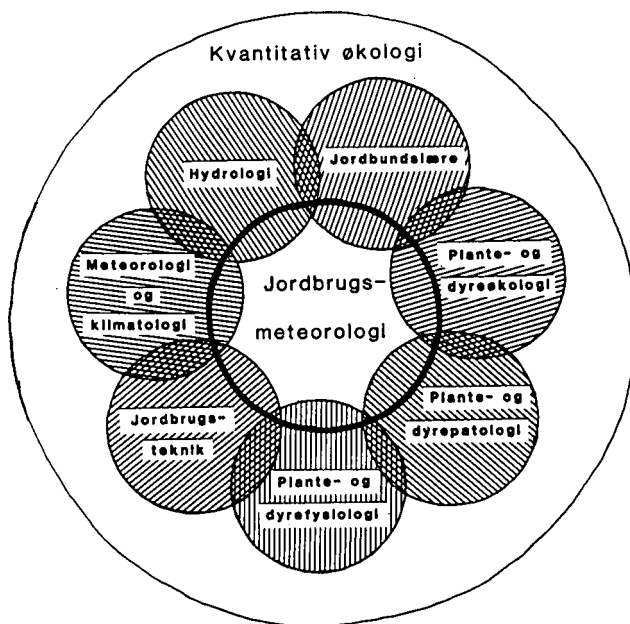


Fig. 1. Jordbrugsmeteorologi - en tværfaglig disciplin.

De til enhver tid rådende meteorologiske forhold og udsigten for deres udvikling udgør en vigtig del af grundlaget for jordbrugernes arbejdsplanlægning. Formidling og operationel anvendelse af forskningsresultater indgår derfor som en integreret del af det jordbrugsmeteorologiske fagområde. Dette kræver samarbejde med vejrtjeneste-meteorologer, med specialister på de enkelte fagområder, og med jordbrugets rådgivere.

1.2 Projektets arbejde.

Projektet har beskæftiget sig med modeller for biologisk-meteorologiske sammenhænge af betydning for jordbruget. I nogle tilfælde er modellerne udviklet ved sammenstilling af historiske meteorologiske og biologiske data. I andre tilfælde er modellerne hentet fra litteraturen, modificeret en smule og anvendt for danske forhold.

De anvendte meteorologiske data er på projektet lagret i databanker som beskrevet i afsnit 2.

Hvis udviklede og/eller adopterede modeller skal bruges operationelt, behøves tidstro ("real time") meteorologiske registreringer som inddata. Derfor er der etableret en datatransmission fra Meteorologisk Instituts regneark til projektet (afsnit 2). De daglig transmitterede, helt friske meteorologiske oplysninger er forsøgsvis anvendt som inddata i adopterede modeller til varsling om angreb af plantesygdomme (afsnit 3).

Ved statistisk analyse af sammenhørende meteorologiske og biologiske registreringer fra en årrække er udviklet biologisk-meteorologiske modeller. Med denne metode er skabt en model for de meteorologiske forholds betydning for angreb af knoporme (afsnit 4), en varmesummodel til beregning af industriærters høsttidspunkt (afsnit 5) samt en model til beregning af merudbyttet ved vanding i byg, græs og kartofler (afsnit 6).

På grundlag af litteraturstudier er skabt en model, som med meteorologiske data som inddata beregner vandindholdet i høstmodent byg (afsnit 7). En årrækkes registreringer af temperaturen i 2 m's højde og ved jordoverfladen er anvendt til undersøgelse af relationerne mellem de to temperaturer (afsnit 8).

Langt den største del af Jordbrugsmeteorologiprojektets undersøgelser har således primært behandlet samspil mellem planter og de meteorologiske forhold. Med undersøgelsen af de meteorologiske forholds betydning for forekomsten af sommermastitis (afsnit 9) er dog etableret kontakter til veterinære forskere. Dermed er antydnet, at

også forskningen indenfor husdyrbrug har relationer til jordbrugs-meteorologien og kan øge udnyttelsen af meteorologiske data.

De nævnte opgaver er alle blevet til i snævert samarbejde med forskere fra de respektive områder indenfor jordbruget. Datatransmissionen fra Meteorologisk Institut er blevet etableret med hjælp fra medarbejdere ved Klimatologisk Afdeling, Meteorologisk Institut, og ved planlægningen af jordbrugsvejruksigterne (afsnit 10) er der samarbejdet med jordbrugets rådgivningstjeneste og Vejrtjenesten, Meteorologisk Institut.

Disse relationer vil blive søgt videreført og udbygget af Jordbrugs-meteorologisk Tjeneste, hvis oprettelse er omtalt kort i afsnit 12.

2. PROJEKTETS METEOROLOGISKE DATAMATERIALE

2.1 Meteorologisk Instituts observationsprogram.

De meteorologiske målinger, som foretages i Danmark, administreres for langt størstedelens vedkommende af Meteorologisk Institut (MI). Der foretages dog registreringer ved enkelte andre institutioner, f. eks. klimastationen på Landbohøjskolens forsøgsgård, Højbakkegård. Desuden findes et landsdækkende net af nedbørs- og fordampningsmålere, der administreres af Statens forsøgsstation, St. Jyndevad.

De meteorologiske data, der er til rådighed på Meteorologisk Institut, kan groft opdeles i følgende grupper:

1. Registreringer fra klimastationer.
2. Registreringer fra nedbørsstationer.
3. Registreringer fra synop-stationer.
4. Radiosonde målinger.
5. Satellit information.

Punkt 1 og 2 varetages af Klimatologisk Afdeling ved MI. Punkt 3 varetages af Vejrobservations Afdelingen ved MI og vejrtjenesterne, og punkt 4 af Aerologisk Afdeling ved MI. Satellit informationen modtages af MI's Rumforsknings Observatorium i Rude Skov. Registreringerne har to primære formål: klimatologiske (statistiske) opgø-

relser (punkt 1, 2 og 3) og basismateriale for Vejrtjenestens prognoser (punkt 3 til 5). For jordbrugsmeteorologien er det hovedsagelig observationerne fra klima- og synop-stationer samt på længere sigt evt. satellit informationen, der er af interesse.

En oversigt over de meteorologiske variable, der registreres ved stationerne, er givet i tabel 1. I tabellen skelnes mellem tre typer af klimastationer, dels de automatiske, dels de manuelle med fuldt eller reduceret program.

Meteorologisk Instituts automatiske klimastationer består af en række elektriske måleinstrumenter koblet til en datalogger af mærket Aanderaa. Dataloggeren har 12 kanaler, hvoraf den ene er reserveret en stationskode. Der observeres hvert tiende minut, og signalerne fra instrumenterne lagres umiddelbart på et lille magnetbånd.

Ved de manuelle klimastationer observeres normalt tre gange i døgnet, kl. 8, 14 og 21 dansk normal tid. Ekstrem-temperaturerne samt nedbør og snedække registreres kl. 8.

For alle typer af klimastationer sker opgørelsen af data ugentlig eller månedlig på Meteorologisk Institut.

Synop-stationers registreringer anvendes som en del af udgangsmaterialet ved udarbejdelsen af vejrkort og vejrprognoser. Denne anvendelse kræver, at data fra synop-stationerne er tidstro (i "real time") tilgængelige for vejrtjenesterne. Ved synop-stationerne observeres hver tredje time, kl. 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 og 21 GMT, ved nogle dog hver time, og ved andre kun kl. 06, 09, 12, 15, 18 og 21 GMT. Minimumtemperatur observeres kl. 06 GMT og maximumtemperatur kl. 18 GMT. Nedbøren observeres kl. 00, 06, 12 og 18 GMT.

Ved langt de fleste synop-stationer foregår registreringen for tiden manuelt. Meteorologisk Institut er dog i færd med at opstille automatiske vejr-stationer (AWS = Automatic Weather Station) til erstatning for og supplerende af de manuelle synop-stationer. En AWS er i princippet en stor datalogger, der automatisk opsamler data

Variabel	Klimastationer			Synop- stationer
	manuelle		automatiske	
	fuldt program	reduceret program		
Lufttryk	x			x
Ekstrem- temperatur	x	x	x 1)	x
Lufttemperatur	x	x	x	x
Jordtemperatur			x 3)	
Luftfugtighed	x		x 3)	x
Nedbør	x	x	x 3)	x
Vindretning	x		x	x
Vindhastighed	x		x	x
Skydække	x	x		x
Skyart				x
Globalstråling			x 3)	
Solskinstimer	x 2)			
Snedække	x	x		x
Sigtbarhed	x			x
Vejrlig	x	x		x

- 1) kan udregnes fra lufttemperaturen
 2) et selvstændigt observationsnet
 3) kun ved en del af stationerne

Tabel 1. Registrerede variable ved klima- og synop-stationer.

og ved observationsterminerne sender disse videre til MI via en telex-forbindelse. De visuelle observationer, som skydække og sigtbarhed, skal dog indtastes på AWS'eren.

Efter forhandlinger med Meteorologisk Institut er der planlagt opstilling af AWS'ere ved 5 af Statens Planteavlfsforsøgs institutioner. Hermed er grundlaget skabt for mere systematiske og detaljerede meteorologiske registreringer ved forsøgsstationerne, idet det er muligt at koble supplerende måleinstrumenter til AWS'eren. For jordbrugsmeteorologien ville det være ønskeligt, om der ved synopstationerne blev målt globalstråling, jordtemperaturer og temperatur i græshøjde.

2.2 Transmission af data fra Meteorologisk Institut til NEUCC.

Efter forhandling med Meteorologisk Institut (MI) fik Jordbrugsmeteorologiprojektet i 1981 tilladelse til at anvende MI's regneark til overførsel af data fra synopstationerne til projektet. Programmet til denne dataoverførsel blev udarbejdet i foråret 1982. Det var derefter muligt daglig at overføre de seneste registreringer ved synopstationerne fra MI til NEUCC, Det regionale EDB-center ved Danmarks tekniske Højskole.

De synopstationer, der var i drift i 1982, er vist på fig. 2. Alle variable i tabel 1 med undtagelse af skyart og sigtbarhed overføres daglig fra MI til NEUCC. Transmissionen af data er skitseret på fig. 3. Transmissionen foregår ved hjælp af en mikrocomputer af mærket SPC/1. Denne mikrocomputer udfører desuden kvalitetskontrol af data og giver mulighed for at rette fejl i data.

Ved kvalitetskontrollen anvendes forskellige fejlkriterier, f.eks. kræves at minimumtemperaturen aflæst kl. 06 GMT skal være mindre end eller lig lufttemperaturen kl. 00, 03 og 06 GMT.

Efter kvalitetskontrollen overføres data til en databank på NEUCC, hvorfra data umiddelbart kan anvendes f.eks. i varslingsberegninger. Ved hvert månedsskifte overføres data fra denne databank til et baggrundslager, hvorfra data senere kan hentes frem og anvendes som referencemateriale ved udarbejdelse og afprøvning af nye modeller.



Fig. 2. Synop-stationer.

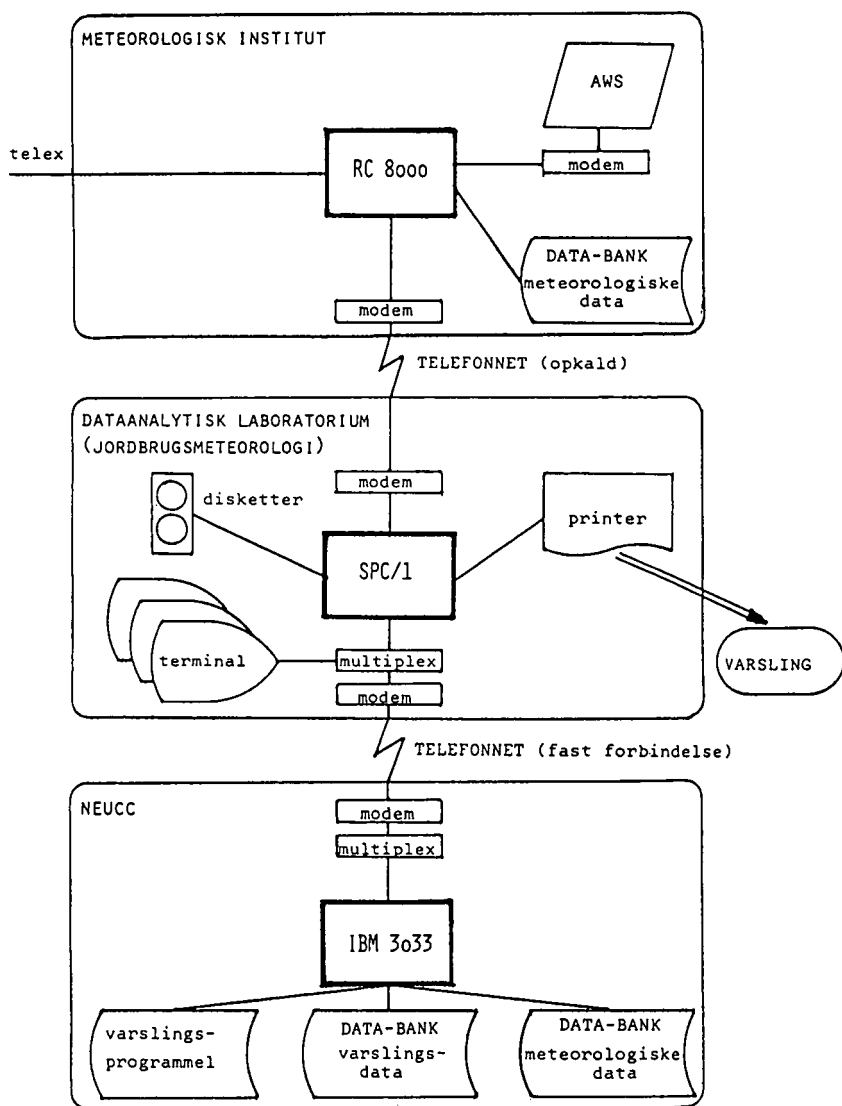


Fig. 3. Transmission af synop-data fra Meteorologisk Institut til NEUCC.

2.3 Databanker med meteorologiske data.

Ved Jordbrugsmeteorologiprojektet er oprettet en række databanker med meteorologiske data. Det drejer sig om data fra klimastationer ved Statens forsøgsstationer samt om data fra synop-stationer. Følgende datamaterialer findes for tiden lagret i databanker på NEUCC:

1. Data fra synop-stationer 1982, jvf. afsnit 2.2.
2. Data fra synop-stationerne Karup og Kastrup 1953-80.
3. Måned- og tidøgnsværdier fra klimastationerne ved Statens forsøgsstationer 1940-81 (Mikkelsen, 1981a).
4. Daglige værdier fra klimastationerne ved Statens forsøgsstationer 1951-70 (under etablering).
5. Ugentlige værdier af nedbør og fordampning i månederne april til november for en række fordampningsstationer fordelt over hele landet 1957-81 (Gregersen & Knudsen, 1981).
6. Ti-minutters-observationer fra de automatiske klimastationer ved Årslev og Jyndevad 1978-81.
7. Daglige værdier fra alle klimastationer 1981.

Desuden er en del andre datamaterialer, som er anvendt i forbindelse med specielle undersøgelser, til rådighed.

Databankerne består af en række filer på baggrundslager. I disse filer er data lagret på en standardiseret kildeform, således at data kan læses af både SAS-programmer (Helwig & Council, 1979) og FORTRAN-programmer. Denne lagringsform gør det desuden muligt senere relativt let at overføre data til en egentlig database, når et attraktivt database-system bliver tilgængeligt på NEUCC.

I de fleste tilfælde vil programmerne hente data direkte fra databankerne. I nogle tilfælde f.eks. under modeludvikling kan det dog være ønskeligt at hente data frem fra databankerne og lagre data i

i en fil på fastmonteret pladelager. Til dette formål er udviklet kommandoer, der giver mulighed for relativt hurtigt og enkelt at fremskaffe ønskede data. Dokumentation af de udarbejdede systemer og kommandoer er givet i interne brugervejledninger for projektets databanker.

D E L _ _ _ _ I I3. JORDBRUGSMETEOROLOGI OG PLANTESYGDOMME3.1 Indledning.

Vækstsæsonens vejrforhold har en afgørende indflydelse på såvel ukrudtsbestandens udvikling og omfang som på sygdommenes og skadedyrenes spredning, udvikling og angreb. Behovet for afgrødebeskyttelse er således i stort omfang bestemt af vejret, der endvidere har betydning for effekten af de iværksatte beskyttelsesforanstaltninger. Dette gælder f.eks. sprøjtninger, hvor vind-, nedbør-, temperatur- og luftfugtighedsforholdene øver indflydelse på effekten.

Skadevolderne udvikler sig ikke efter kalenderen, men efter en meteorologisk-biologisk tidsakse. Dette gør det vanskeligt at forudsige tidspunktet for og styrken af et angreb, og blandt andet af denne årsag foretages afgrødebeskyttelse ofte rutinemæssigt snarere end efter behov. Af såvel økonomiske som miljømæssige årsager er der interesse for modeller til beregning af skadevoldernes angreb. Sådanne modeller kan - i kombination med "skadetærskel"-modeller - bidrage til en omlægning af afgrødebeskyttelsen fra rutinebeskyttelse til behovsbeskyttelse.

I udlandet er udviklet modeller til beregning af angreb af en række skadevoldere. Modellerne er forskellige med hensyn til detaljeringsgrad og med hensyn til arten og mængden af inddata. I nogle modeller anvendes enten biologiske eller meteorologiske inddata; i andre anvendes både biologiske og meteorologiske data - i enkelte tilfælde tillige kulturtekniske.

Modellerne anvendes til beregning af de pågældende skadevolderes aktuelle angreb på baggrund af inddata, som beskriver perioden indtil beregningstidspunktet. Beregningsresultaterne kan enten alene eller sammenholdt med andre informationer danne grundlag for varsel om angreb af skadevoldere. Modellerne kan i princippet også anvendes til forudsigelse af skadevoldernes fremtidige angreb. Dette vil dog kræve mere pålidelige og mere detaljerede vejruddsigter

end dem, vi kender i dag, idet de forudsagte meteorologiske størrelser da skal anvendes som inddata i modellerne.

Varslingsmodellers praktiske anvendelighed afhænger af deres evne til at give pålidelige resultater. Pålideligheden er bestemt dels af, hvor godt modellen beskriver omgivelsernes indflydelse på skadevolderen, dels af beskaffenheden af inddata til modellen. Inddata bør være aktuelle, og i betragtning af de meteorologiske og biologiske forholds betydelige geografiske variation bør inddata også være lokale/regionale. De meteorologiske inddata bør ideelt set være registreringer, som repræsenterer forholdene i afgrøden.

I det følgende beskrives de meteorologiske modeller til varsling imod angreb af plantesygdomme, som forsøgsvis er anvendt på Jordbrugsmeteorologiprojektet i 1982. Modellerne er hentet fra litteraturen og anvendt for danske forhold. Som inddata til modellerne er anvendt de synoptiske data (fig. 2 og 3), som daglig er transmitteret fra Meteorologisk Institut.

3.2 Projektets arbejde med varslingsmodeller for plantesygdomme.

Projektets arbejde med varslingsmodeller har fortrinsvis drejet sig om sygdommene kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans*), hvedens brunpletsyge (*Septoria nodorum*), knækkefodsyge (*Pseudocercospora* *herpotrichoides*) i vinter-hvede og ildsot (*Erwinia amylovora*).

Arbejdet har primært haft til formål dels at belyse synop-datas egnethed som inddata til varslingsmodellerne, dels at belyse disse udenlandske modellers anvendelsesmuligheder under danske forhold ved brug af synop-data som inddata. Med henblik på en eventuel senere operationel anvendelse af modellerne har arbejdet desuden sigtet på at etablere de nødvendige EDB-tekniske faciliteter for et egentligt varslingssystem.

3.2.1 Modellerne.

For kartoffelskimmel har projektet arbejdet med to varslingsmodeller - henholdsvis negativ-prognosen (Ullrich & Schrödter, 1966) og

blitecast-modellen (MacKenzie, 1981). Negativ-prognosen forudsætter at kartoffelskimmels udvikling udelukkende afhænger af temperatur, luftfugtighed og nedbør. Modellen antager endvidere, at en given vejr-situations indflydelse på angrebets udvikling kan udtrykkes ved et risikotal, og at angrebets styrke er en funktion af det akkumulerede risikotal.

Beregnings af risikotallet påbegyndes ved kartoflernes fremkomst, og foretages døgnavis på baggrund af de i tabel 2 viste kriterier. Det døgnlige risikotal findes ved summation af de angivne bidrag.

Negativ-prognosen antager, at akkumulerede risikotal på 150 og 270 svarer til angrebsniveauer på 0.1 og 1.0 %. Disse niveauer repræsenterer henholdsvis et begyndende og et epidemisk angreb. Ifølge negativ-prognosen bør der foretages forebyggende bekæmpelse ved et akkumuleret risikotal på 150. Såfremt der ikke gennemføres forebyggende bekæmpelse, bør der iværksættes kurativ bekæmpelse ved et akkumuleret risikotal på 270.

Antal timer pr. døgn (h) indenfor tempera- turintervallerne (°C)	Bidrag til risikotal	Kommentarer
10,0-11,9 14,0-15,9 16,0-17,9 18,0-19,9 20,0-21,9 22,0-23,9	0,8990 x h 0,4118 x h 0,5336 x h 0,8816 x h 1,0498 x h 0,5858 x h	Medregnes skal kun timer, der indgår i perioder af mindst 4 timers varighed, hvor enten rel. luftfugtighed $\geq 90\%$, eller hvor nedbørsintensitet ≥ 0.1 mm/t.
10,0-11,9 14,0-15,9 16,0-17,9 18,0-19,9 20,0-21,9 22,0-23,9	0,3924 x h 0,0702 x h 0,1278 x h 0,9108 x h 1,4706 x h 0,8550 x h	
15,0-19,9	0,1639 x h + 1,0926	
- ~ - + ~	0,0468 x h - 1,1232	
		Kun timer med rel. luftfugtighed < 70% medregnes

Tabel 2. Kriterier for beregning af døgnlige risikotal ifølge negativ-prognosen.

I projektets arbejde med negativ-prognosen er kriteriet vedrørende nedbørsintensitet (tabel 2) udeladt, idet projektet ikke har rådet over data for denne parameter. Udeladelsen af nedbørsintensitetskriteriet anses ikke at have nævneværdig indflydelse, da den relative luftfugtighed oftest er større end 90% i perioder med nedbør.

Blitecast-modellen (MacKenzie, 1981) er en kombination af to ældre varslingsmodeller - henholdsvis Wallin-modellen (Wallin, 1962) og Hyre-modellen (Hyre et al., 1959).

Wallin-modellen forudsætter, at kartoffelskimmelens udvikling udelukkende afhænger af temperatur og luftfugtighed. Modellen antager endvidere, at en given vejr-situations indflydelse på angrebets udvikling kan udtrykkes ved et risikotal, og at angrebets styrke er en funktion af det akkumulerede risikotal. Beregningen af risikotallet foretages ud fra kriterierne i fig. 4 og påbegyndes ved kartoflernes fremspiring.

Hyre-modellen antager, at kartoffelskimmelens udvikling afhænger af temperatur og nedbør, og at angrebets styrke er afhængig af antallet af såkaldte skimmel-favorable døgn efter kartoflernes fremkomst. Et skimmel-favorabelt døgn er defineret ved, at døgnets minimumtemperatur er større end 7.2°C , at den akkumulerede nedbør for de seneste 10 døgn er større end 30 mm, og at middeltemperaturen for de seneste 5 døgn er mindre end 25.5°C .

Ifølge blitecast-modellen er der risiko for udbrud af kartoffelskimmelangreb 1-2 uger efter, at det akkumulerede risikotal overstiger 18, eller første gang der forekommer 10 sammenhængende skimmel-favorable døgn. Hvis en af disse betingelser er opfyldt, beregner modellen det aktuelle bekæmpelsesbehov på baggrund af de i tabel 3 viste kriterier.

Såfremt det akkumulerede risikotal forbliver uforandret igennem en tre-ugers periode, antager blitecast-modellen, at et eventuelt angreb er ophørt. I overensstemmelse hermed nulstiller modellen det akkumulerede risikotal og antallet af skimmelfavorable døgn, inden varslingsberegningerne genoptages.

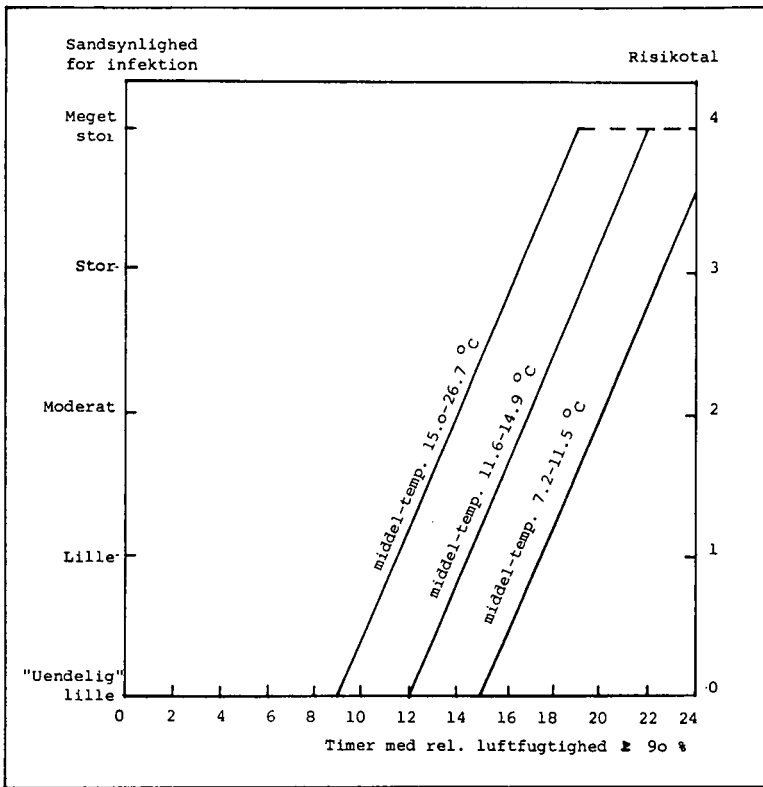


Fig. 4. Sammenhæng mellem døgnligt risikotal, varighed af periode med rel. luftfugtighed $\geq 90\%$ og periodens middeltemperatur - ifølge Wallin-modellen.

Antal skimmel-favorable døgn seneste 7 døgn	Akkumuleret risikotal indenfor seneste 7 døgn				
	0-2.4	2.5-3.4	3.5-4.4	4.5-6.4	6.5-2.8
0 - 4	ingen bekæmpelse	ingen bekæmpelse	afvent udviklingen	moderat bekæmpelse	intensiv bekæmpelse
5 - 7	ingen bekæmpelse	afvent udviklingen	moderat bekæmpelse	intensiv bekæmpelse	intensiv bekæmpelse

Tabel 3. Blitecast-modellens kriterier for bekæmpelsesvejledning.

I USA er udviklet et apparat, hvori blitecast-modellen er indbygget. Apparatet - en såkaldt blitecaster - er batteridrevet, og består af en mikrocomputer samt udstyr til registrering af temperatur, relativ luftfugtighed og nedbør. Blitecasteren placeres mellem kartoffelrækkerne og måler således afgrødens mikro-klima.

I vækstsæsonen 1982 har projektet i samarbejde med Planteværnscen-tret haft blitecastere placeret i henholdsvis St. Jyndeved, Lyngby og Skærbæk ved Herning.

For hvedens brunpletsyge har projektet arbejdet med modeller udviklet af Tyldesley & Thompson (1980), Jeger et al. (1981) og Cook (1977).

Tyldesley & Thompson har undersøgt sammenhængen mellem brunpletsygeangreb ved høst og nedbørsforholdene i forskellige perioder. De finder, at angrebet er stærkest korreleret med antallet af nedbørsdøgn i månederne maj og juni. På denne baggrund foreslår forfatterne, at antallet af døgn med mindst 1 mm nedbør i perioden medio maj til medio juni anvendes som varslingskriterium.

Jeger et al. har på baggrund af undersøgelser af vejrforholdenes betydning for brunpletsyge-infektion på kunstigt inokulerede hvedeplanter opstillet kriterier for en potentiel infektionsperiode.

En potentiel infektionsperiode forekommer, når følgende betingelser er opfyldt inden for et tidsrum af 24 timer:

1. Relativ luftfugtighed større end 63% ved periodens begyndelse.
2. Minimumtemperatur større end 6 °C.
3. Mindst 4 sammenhængende timer med relativ luftfugtighed større end 90%.
4. Højst 4 sammenhængende timer med relativ luftfugtighed mindre end 60%.

Jeger et al.'s model omfatter ikke kriterier for brunpletsyges spredning, som foregår med regnstank. I projektets arbejde med modellen er tilføjet følgende kriterium til beskrivelse af sygdommens spredning: der skal være faldet nedbør højst 12 timer inden den

potentielle infektionsperiodes begyndelse, og der skal falde nedbør i perioden.

Cook angiver følgende kriterier for vejrforhold, der er favorable for hvedens brunpletsyge.

1. Nedbør på to ud af tre dage, ialt mindst 10 mm, regn på første dag; eller
2. Nedbør på tre på hinanden følgende dage, ialt mindst 5 mm; eller
3. Nedbør på fire på hinanden følgende dage; eller
4. En periode af mindst 16 timers varighed med rel. luftfugtighed på mindst 90%, nedbør i begyndelsen af perioden, ialt mindst 5 mm nedbør.

I projektets arbejde med Cooks model er det 4. kriterium udeladt, idet projektet ikke har rådet over data, der beskriver nedbørens fordeling på døgnets timer.

For knækkefodsyge i hvede angiver Schrödter og Fehrmann (1971), at perioder af mindst 15 timers varighed med relativ luftfugtighed på mindst 80% og temperaturer i intervallet 4-13°C er favorable for infektion. Forfatterne angiver ingen kriterier for sygdommens spredning. Da knækkefodsyge spredes med regnstänk, er der i projektets arbejde med modellen tilføjet følgende kriterium til beskrivelse af sygdommens spredning: der skal være faldet nedbør højst 12 timer forud for infektionsperiodens begyndelse, og der skal falde nedbør i perioden.

I projektets arbejde med varsling af ildsot er anvendt Billings model (Billing, 1980). Modellen er kort beskrevet i rapporten om arbejdet på Jordbrugsmeteorologiprojektets 1. etape (Mikkelsen, 1981a).

3.2.2 Datamateriale og programmel.

Som inddata til varslingsmodellerne er i 1982 anvendt synoptiske meteorologiske data. Endvidere er ildsot-modellen anvendt på 1981-data fra Beldringe synop-station samt St. Jyndevad og Hornum klimastationer, og kartoffelskimmel-modellerne er anvendt på 1978-data fra Karup synop-station (jvf. afsnit 2).

For at belyse synop-stationernes brugbarhed i varslingsmæssig henseende og for at belyse behovet for regionaliseret varsling er modellerne anvendt på 1982-data fra følgende synop-stationer: Ålborg, Karup, Tirstrup, Billund, Skrydstrup, Beldringe, Værløse, Kastrup og Hammer Odde (fig. 2).

Den daglige transmission af "friske" synop-data fra Meteorologisk Institut til projektets databanker på NEUCC (fig. 3) muliggør operationel anvendelse af varslingsmodellerne. På denne baggrund er projektets varslingsssystem udformet således, at der for hver af modellerne kan iværksættes beregninger enten daglig eller efter behov/ønske. På længere sigt vil varslingsprogrammet kunne indgå som en integreret del af programmet til transmission af synop-data fra Meteorologisk Institut.

3.2.3 Resultater.

Det har ikke været muligt at foretage en egentlig udførlig kontrol af varslingsmodellernes pålidelighed og anvendelighed under danske forhold. Dette skyldes dels manglen på systematiske observationer af de pågældende sygdommes forekomst, dels at Jordbrugsmeteorologi-projektet ikke har rådet over egnede meteorologiske data for en længere årrække.

Uddata fra kartoffelskimmel-varslingsmodellerne er vist i tabel 4 for årene 1978 og 1982. For blitecast-modellen er angivet datoerne for første bekæmpelse af henholdsvis "første" og "andet" angreb af kartoffelskimmel. For negativ-prognosen er angivet varslingsdatoerne for iværksættelse af henholdsvis forebyggende og kurativ bekæmpelse.

Synop-station	<u>Blitecast-model</u>		<u>Negativ-prognose</u>	
	1. angreb	2. angreb	forebyggende	kurativ
	(1. bekæmpelse)	(1. bekæmpelse)	bekæmpelse (risikotal=150)	bekæmpelse (risikotal=270)
<u>1982</u>				
Aalborg	-	-	06-08	-
Karup	26-06	24-08	20-06	08-07
Tirstrup	29-06	22-08	24-06	11-07
Billund	-	-	16-07	23-08
Skrydstrup	28-06	24-08	27-06	12-07
Beldringe	-	-	18-07	29-08
Værløse	-	-	07-08	25-09
Kastrup	-	-	05-08	20-09
Hammer Odde	28-06	-	24-06	10-07
<u>1978</u>				
Karup	03-07	x)	01-07	25-07

x) ikke beregnet

Tabel 4. Varslingsdatoer (1978 og 1982) for kartoffelskimmel ifølge blitecast-modellen og negativ-prognosen. (Beregnet på basis af synop-data for perioden 24. maj til 30. september).

For 1982 beregner blitecast-modellen, at der har været behov for bekæmpelse af kartoffelskimmel ved stationerne Karup, Tirstrup, Skrydstrup og Hammer Odde. For de tre førstnævnte viser beregningerne et "tidligt" og et "sent" angreb med ca. 2 måneders mellemrum. Dette skyldes det tørre julivejr i 1982, som hæmmede udviklingen af kartoffelskimmel i denne periode. Modelberegningerne med negativ-prognosen viser, at der har været behov for bekæmpelse ved samtlige stationer. For alle stationer med undtagelse af Ålborg ville angrebene antage epidemisk karakter, såfremt der ikke var foretaget forebyggende bekæmpelse.

Negativ-prognosens varslingsdatoer varierer betydeligt mellem stationerne. Stationer grupperer sig i "tidlige" (Karup, Tirstrup, Skrydstrup, Hammer Odde), "middel-tidlige" (Billund, Beldringe) og "sene" (Ålborg, Værløse, Kastrup). For de stationer, hvor blitecast-modellen finder, at der er behov for bekæmpelse, er der god indbyrdes overensstemmelse mellem de beregnede varslingsdatoer. For disse stationer, d.v.s. Karup, Tirstrup, Skrydstrup og Hammer Odde er der desuden god overensstemmelse mellem blitecast-modellen og negativ-prognosens beregning af varslingsdatoer for første bekæmpelse af kartoffelskimmel.

I tabel 5 er vist varslingsdatoerne ifølge blitecasterne placeret ved henholdsvis Lyngby, St. Jyndeved og Skærbæk (Herning). Det ses, at varslingsdatoerne varierer mellem lokaliteterne, hvilket er udtryk for, at lokaliteternes mikroklima har været forskellige. Ved to lokaliteter finder blitecasterne, at der er forekommet både et "tidligt" og et "sent" angreb. Dette skyldes - ligesom for blitecast-modellen - det tørre julivejr, som hæmmede kartoffelskimmels udvikling. I tabel 5 er tillige vist varslingsdatoer ifølge Planteværnscentrets negativ-prognose for årene 1978 og 1982 (Holm & Jensen, 1974; S. Holm, pers. kom.). Af tabellen ses, at der er nogen forskel på blitecasterens og negativ-prognosens varslingsdatoer for første bekæmpelse.

Planteværnscentrets erfaringer med negativ-prognosens pålidelighed er generelt gode (S. Holm, pers. kom.). Sammenholdes varslingsdatoerne for første bekæmpelse i tabel 5 med de tilsvarende datoer i tabel 4 ses, at projektets modelberegninger for stationerne Karup, Tirstrup, Skrydstrup og Hammer Odde stemmer godt overens med Planteværnscentrets beregninger.

Uddata fra modellerne for hvedens brunpletsyge er vist i tabellerne 6, 7 og 8. Danske undersøgelser (B. Welling, pers. kom.) har vist, at især vejrforholdene i perioden medio maj til medio juni er af betydning for brunpletsyge-angreb, og af denne årsag er modelberegningerne foretaget for perioden 10. maj til 20. juni.

Lokalitet	<u>Blitecaster</u>		<u>Negativ prognose</u>	
	1. angreb (1. bekæmpelse)	2. angreb (1. bekæmpelse)	forebyggende bekæmpelse (risikotal=150)	kurativ bekæmpelse (risikotal=270)
<u>1982</u>				
Lyngby	21-06	18-08		
Skærbæk (Herning)	18-06	x)	30-06	19-07
St. Jyndeved	17-07	19-08		
<u>1978</u>				
Skærbæk (Herning)			03-07	25-07

x) Apparat-defekt

Tabel 5. Varslingsdatoer 1978 og 1982 for kartoffelskimmel ifølge blitecastere og Planteværnscentrets negativ-prognose (beregnet på basis af termohydrograf-observationer).

Synop-station	Uge-nr.								Ialt
	18	19	20	21	22	23	24	25	
Aalborg	0	0	22	0	0	0	0	0	22
Karup	0	0	99	30	15	46	13	100	311
Firstrup	0	4	131	41	18	63	15	104	376
Billund	0	0	95	40	0	28	0	87	250
Skrydstrup	0	4	119	57	0	42	21	96	339
Beldringe	0	0	100	0	0	38	0	95	233
Værløse	0	0	40	0	0	0	0	36	76
Kastrup	0	0	106	2	0	0	0	22	130
Hammerodde	4	0	78	21	0	68	44	119	334

Tabel 6. Antal risiko-timer i perioden 10. maj til 20. juni 1982 iflg. Jeger et al.'s model for hvedens brunpletsyge. (Beregnet på basis af synop-data).

Synop-station	Uge-nr.								Ialt
	18	19	20	21	22	23	24	25	
Aalborg	6	1	5	2	0	2	3	2	21
Karup	6	1	7	2	0	2	2	2	22
Tirstrup	7	1	3	2	0	2	4	4	23
Billund	7	1	5	0	0	2	2	4	21
Skrydstrup	7	1	7	0	0	2	2	4	23
Beldringe	7	0	6	0	0	2	3	4	22
Værløse	7	0	3	0	0	2	4	4	20
Kastrup	7	2	6	2	0	2	1	4	24
Hammerodde	4	0	0	0	0	2	1	5	12

Tabel 7. Antal risikodøgn i perioden 10. maj til 20. juni 1982 ifølge Cook's model for hvedens brunpletsyge. (Beregnet på basis af synop-data).

I tabel 6 er vist det ugentlige antal risikotimer ifølge Jeger et al.'s model. En risikotime er defineret som en time, der påbegynder en potentiel risikoperiode. Det ses af tabellen, at der forekommer en betydelig variation i det totale antal risikotimer mellem stationerne.

Tabel 7 viser antallet af ugentlige risikodøgn ifølge Cook's model. Ved et risikodøgn forstås et døgn, som indgår i en risikoperiode. Af tabellen ses, at det totale antal risikodøgn udviser en beskedne variation mellem stationerne. Dog har Hammer Odde et markant lavere antal risikodøgn end de øvrige stationer.

Uddata fra Tyldesley & Thompson's model er vist i tabel 8. Tabellen viser den ugentlige fordeling af risikodøgn, det vil sige døgn, hvor der er faldet mere end 1 mm nedbør. Af tabellen ses, at det totale antal risikodøgn udviser en beskedne variation mellem stationerne.

Danske undersøgelser af knækkefodsyge i vinterhvede har vist, at især vejrforholdene i det sene efterår og i det tidlige forår er af

Synop-station	Uge-nr.								ialt
	18	19	20	21	22	23	24	25	
Aalborg	4	1	3	0	0	2	1	3	13
Karup	4	0	4	1	0	3	2	3	17
Tirstrup	6	1	3	0	1	2	3	4	16
Billund	5	0	3	0	1	2	1	4	16
Skrydstrup	6	0	4	1	0	2	2	4	19
Beldringe	6	0	4	1	0	2	1	4	18
Værløse	5	0	3	1	1	2	3	3	18
Kastrup	6	0	3	1	0	2	3	3	18
Hammerodde	3	0	2	1	0	3	1	3	13

Tabel 8. Antal risikodøgn i perioden 10. maj til 20. juni 1982 ifølge Tyldesley & Thompson's model for hvedens brunplet-syge. (Beregnet på basis af synop-data).

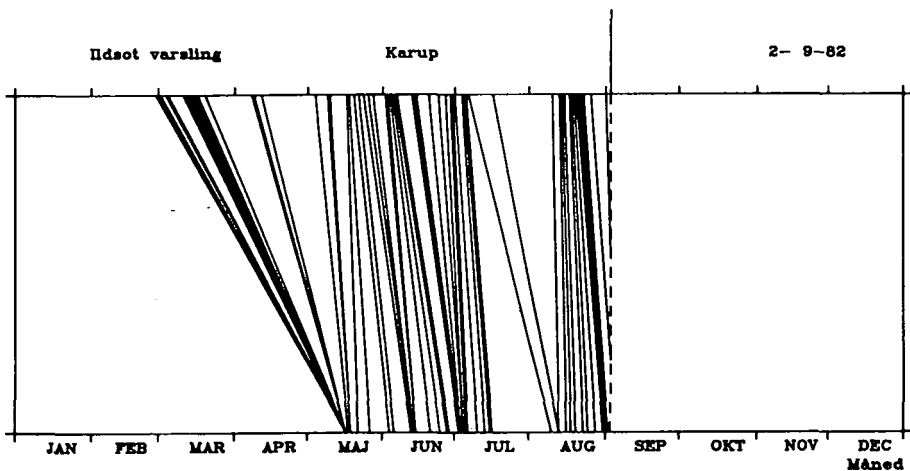
betydning for angreb af denne sygdom. (H. Schulz, pers. kom.). For 1982 anses forårsperioden at have strakt sig fra begyndelsen af marts til begyndelsen af maj. I tabel 9 er vist det ugentlige antal risikotimer for denne periode ifølge Schrödter og Fehrmanns model for knækkefodsyge. En risikotime er defineret som en time, der påbegynder en risikoperiode. Af tabellen ses, at det totale antal risikotimer udviser en markant variation mellem stationerne.

I fig. 5a og b er vist eksempler på grafiske uddata fra Billings ildsot-model anvendt på 1982-data fra Karup og Skrydstrup. De rette linier, som forbinder øverste og nederste tidsakser, viser inkubationsperiodernes forløb. En inkubationsperiode "begynder" på øverste tidsakse på det tidspunkt, hvor der ifølge modellen sker en infektion, og "ender" på nederste tidsakse på det tidspunkt, hvor sygdommen ifølge modellen bryder ud.

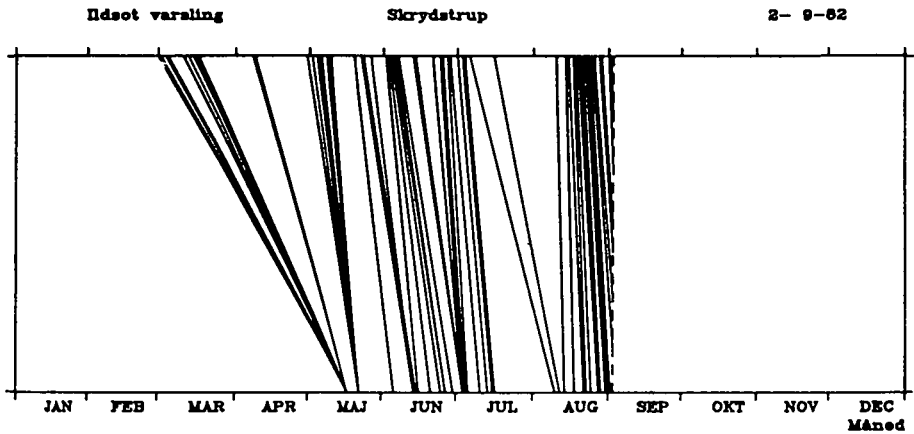
Hvis mange inkubationslinier "ender" i samme punkt, hvis mange, nærliggende inkubationslinier er næsten lodrette, eller hvis en ny inkubationsperiode starter på samme tidspunkt som en anden ender, er der grund til at varsle. Ved Karup og Skrydstrup skulle der således have været varslet midt i maj og først i juli.

Synop-station	Uge-nr.										Ialt
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Aalborg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25
Karup	0	13	1	0	4	11	2	0	3	30	64
Tirstrup	0	0	0	0	2	12	6	0	0	41	61
Billund	0	8	0	0	2	16	0	0	1	53	80
Skrydstrup	0	9	0	0	0	18	0	0	1	60	88
Beldringe	0	10	0	0	0	1	0	0	0	41	52
Værløse	0	7	0	0	0	0	0	0	0	17	24
Kastrup	0	12	0	0	0	0	0	0	0	20	32
Hammerodde	0	0	0	0	0	0	8	0	23	47	78

Tabel 9. Antal risikotimer i perioden 1. marts til 9. maj 1982 ifølge Schrödter & Fehrmann's model for knækkefodsyge i hvede. (Beregnet på basis af synop-data).



Figur 5a. Ildstot-varseling, Karup 1982. Model efter Billing (1980).



Figur 5b. Ildsot-varsling, Skrydstrup 1982. Model efter Billing (1980).

I tilknytning til Jordbrugsmeteorologiprojektets arbejde med Billings ildsot-model har Botanisk Afdeling, Planteværnscentret, i 1981 og 82 foretaget observationer af ildsotangreb ved Beldringe (kun 1981), St. Jyndevad og Hornum. En foreløbig opgørelse af sammenhængen mellem observeret ildsot-angreb og modellens uddata tyder på, at modellen er anvendelig under danske forhold (I. Dinesen, pers. kom.).

Uddata fra kartoffelskimmelmodellerne (tabel 4), Jeger et al.'s model for hvedens brunpletsyge (tabel 6) og knækkefodsyge-modellen (tabel 9) viser markante forskelle imellem stationerne indbyrdes. Årsagen til forskellene må søges i de synop-data, som er modellerens inddata. En undersøgelse af de anvendte data har vist, at variationen mellem stationerne er beskeden med hensyn til temperatur og nedbør men ganske betragtelig med hensyn til luftfugtighedsforholdene. Stationerne grupperer sig i "tørre" og "fugtige" stationer. Til den førstnævnte gruppe hører Ålborg, Billund, Beldringe, Værløse og Kastrup; til den sidstnævnte gruppe hører Karup, Tirstrup, Skrydstrup og Hammer Odde.

Med luftfugtighedsforholdene som den væsentligste årsag til variationen vil kartoffelskimmelmodellerne beregne "tidlige" varslings-

datoer for "fugtige" stationer og "sene" - eller slet ingen - varslingsdatoer for "tørre" stationer. Brunpletsyge-modellen og knækefodsyge-modellen vil beregne et "stort" antal risikotimer for "fugtige" stationer og et "lille" antal for "tørre" stationer. Af tabel 4, 6 og 9 fremgår, at stationsvariationen i modellernes uddata i store træk følger det beskrevne variationsmønster. Det konkluderes derfor, at stationsvariationen skyldes forskelle i de målte luftfugtigheder ved stationerne.

Med baggrund i den her beskrevne undersøgelse er der fra projektet rettet henvendelse til Meteorologisk Institut. Der er forespurgt dels om årsagerne til de fundne forskelle i de målte relative luftfugtigheder, dels om de enkelte stationers repræsentativitet for et større område.

På foranledning af projektets henvendelse har Meteorologisk Institut gennemført en undersøgelse af luftfugtighedsdata fra nogle udvalgte, nærliggende synop-stationer. Undersøgelsen viser, at for de udvalgte stationer er fugtighedsangivelserne inkonsistente. På denne baggrund har Instituttet taget skridt til i sommerhalvåret 1983 at iværksætte en forsøgsordning, hvor de nuværende fugtighedsmålinger kontrolleres med samtidige psykrometermålinger. Forsøgsordningen gennemføres på 12 synop-stationer fordelt over hele landet; herunder blandt andre 8 af de stationer, hvorfra projektet har anvendt data til varslingsberegningerne.

3.2.4 Diskussion.

Med hensyn til kartoffelskimmel-varsling er der for de "fugtige" stationer fundet nogenlunde god overensstemmelse mellem de to modellers beregnede tidspunkter for første bekæmpelse både for 1978 og 1982. Endvidere er der nogenlunde god overensstemmelse mellem varslingsdatoerne for Karup og de datoer, der af Planteværnscen-tret er fundet på basis af målinger med blitecaster og termohygro-graf ved Skærbæk (Herning).

De foreløbige opgørelser af ildsot-angreb tyder på, at Billings model giver anvendelige resultater også for Danmark. Resultaterne fra

varslingsmodellerne for brunpletsyge og knækkefodsyge er det ikke muligt at vurdere i relation til sygdomsangreb. For brunpletsyge-modellerne er der fundet markante forskelle med hensyn til stationsvariation mellem Jeger et al.'s model og de øvrige modeller. Dette skyldes, at den relative luftfugtighed, som varierer betydeligt mellem stationerne, er af afgørende betydning i Jeger et al.'s model, men ikke indgår i de andre brunpletsyge-modeller.

En egentlig vurdering af projektets varslingsystem kan naturligvis ikke foretages på baggrund af et enkelt eller to års resultater. Hertil kræves resultater fra en længere årrække. Især resultaterne fra kartoffelskimmel-varslings opmuntrer imidlertid til fortsat undersøgelse af modellerne. Det skal understreges, at der i tilknytning hertil skal foretages en grundig undersøgelse af modellernes og synop-datas pålidelighed samt synop-stationernes repræsentativitet.

Varslingssystemets fordel er, at der fra centralt hold - på basis af meteorologiske observationer, som foretages rutinemæssigt - kan udføres regionalt differentierede beregninger af risikoen for forskellige vejrafhængige plantesygdomme. De tekniske muligheder for et operationelt varslingsystem er således etableret. Eventuelle operationelle varslinger bør imidlertid ikke baseres alene på modelberegninger, men udformes i snævert samarbejde med Planteværnscen-trets medarbejdere, som besidder den nødvendige plantepatologiske viden.

Det videre arbejde med varslingsystemet bør i samarbejde med meteorologer og plantepatologer omfatte:

- fastlæggelse af de stationer, hvorfra meteorologiske observationer bør anvendes
- gennemførelse af systematiske observationer i vækstsæsonen af de undersøgte plantesygdomme med henblik på kontrol/tilpasning af modellerne. Om muligt bør registreringer af skadevolderens status på et tidligere tidspunkt i vækstsæsonen eventuelt indføres i modellerne

- undersøgelse af relationerne mellem det "makro-klima", der registreres ved synop-stationer, og det "mikro-klima", som hersker i afgrøden, og som planterne og skadevolderne oplever. Fastlæggelse af sådanne "transfer-relationer" vil kræve igangsættelse af systematiske mikroklimatiske registreringer i afgrøderne.

4. MODEL FOR DE METEOROLOGISKE FORHOLDS INDFLYDELSE PÅ ANGREB AF KNOPORME

4.1 Indledning.

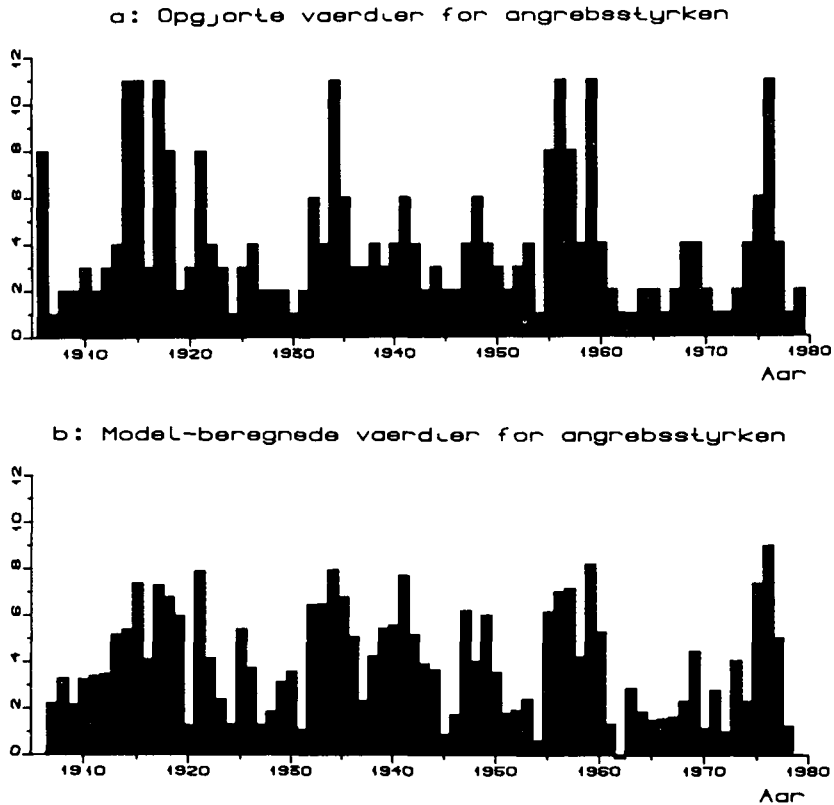
Det varslingsystem, som er beskrevet i afsnit 3, omfatter modeller, der er hentet fra litteraturen, og som beskæftiger sig med plantesygdomme. Den model, som skal beskrives i det følgende, omhandler angreb af skadedyr - knopormen (*Agrotis segetum*). Modellen er en udetaljeret, statistisk model, som er udviklet på projektet i samarbejde med medarbejdere ved Planteværnscentret. Her skal gives en kort oversigt over modellen, hvis udvikling, fortolkning og anvendelsesmuligheder er beskrevet detaljeret af Mikkelsen & Esbjerg (1981).

Knoporme er larver af natsommerfugle af familien ugler. De gør ved deres gnav skade på blandt andet kartofler og gulerødder. Det har i mange år været kendt (Bovien & Stapel, 1935; Thygesen, 1971; Zethner & Esbjerg, 1978), at år med rigelig sommernedbør ikke blev "knopormeår", d.v.s. år med meget kraftige angreb af knoporme. Formålet med det her udførte arbejde har været at opnå mere detaljeret kendskab til de meteorologiske forholds indflydelse på angrebsgraden, bl.a. med henblik på udvikling af en egentlig varslingsmodel for knopormeangreb.

4.2 Datamateriale.

Stapel (1977) estimerede på grundlag af opgivelserne i Månedsoversigt over plantesygdomme angrebsgraden af knoporme for landet som helhed på en skala 1-11 for hvert enkelt af årene 1906-76. Tilsvarende værdier for årene 1977-79 er estimeret ved projektet. Fig. 6a viser de estimerede værdier for årene 1906-79. Det ses, at med u-

regelmæssige mellemrum har der været alvorlige angreb af knoporme - såkaldte "knopormeår" (skalaværdi 11).



Figur 6. Knopormeangrebs styrke 1906-79 for Danmark som helhed. Opgjort angrebsstyrke (6a) og modelberegnet angrebsstyrke (6b).

Disse angrebsstyrker er sammenholdt med de samme års månedsværdier for landet som helhed af følgende meteorologiske variable: middeltemperatur, nedbør, antal nedbørsdage, antal frostdage og antal snedage. De meteorologiske data er offentliggjort af Danmarks Statistik (1964) og Danmarks Statistik (1962-1980). For beskrivelse af de anvendte statistiske metoder henvises til Mikkelsen & Esbjerg (1981).

4.3 Resultater.

I tabel 10 er vist simple korrelationer mellem angrebsstyrke og temperatur, nedbør og antal nedbørsdage i månederne maj, juni, juli og august. Ingen af de øvrige månedsværdier for meteorologiske variable viste signifikant ($P > 0.05$) korrelation med angrebsgraden.

Variabel	Måned			
	Maj	Juni	Juli	August
Middeltemperatur, °C	0.05	0.14	0.37**	0.24*
Nedbør, mm	-0.28*	-0.38***	-0.20	-0.15
Antal nedbørsdøgn	-0.24*	-0.36**	-0.34**	-0.24*

* $0.05 > P > 0.01$, ** $0.01 > P > 0.001$, *** $P < 0.001$

Tabel 10. Koefficienter for korrelationerne mellem angrebsstyrke og månedsværdier af middeltemperatur, nedbør og antal nedbørsdøgn. 74 års observationer.

Det ses, at for månederne juli og august forklares variationen i årenes angrebsstyrke bedre med antal nedbørsdøgn end med nedbørsmængden. Korrelationerne mellem angrebsstyrken og månedernes middeltemperatur er positive, medens korrelationen mellem de tilsvarende måneders nedbørsvariable er negativ. Dette kan delvis skyldes en negativ korrelation mellem temperatur og nedbørsvariable.

Tidsserieanalyse viste en signifikant, positiv autokorrelation for årenes angrebsstyrke på 0.36.

Med de statistiske metoder, som kort er beskrevet, fandtes den "bedste" model at bestå af de variable, som er anført i tabel 11. Effekten af alle variablene er additiv. Modellens "skæring med y-aksen", som ikke er vist i tabel 11, er 8.61. Parameterestimaternes værdier er anført med 2 decimaler, selv om deres spredning i nogle tilfælde er temmelig stor. Den viste multiple lineære korrelationskoefficient (R^2) på 0.64 fortæller, at med de 8 variable i modellen

Variabel	Parameter- estimat	Signifikans- niveau	Variansestimat for modellen	Multipel korrelations- koeff. (R^2)
CWL	+ 0.35	0.001	3.4	0.64
T7	+ 0.42	0.074		
P234	- 0.02	0.001		
P5	- 0.04	0.001		
PD6	- 0.31	0.001		
PD7	- 0.24	0.001		
PD8	- 0.06	0.263		
P11L	- 0.01	0.103		

CWL: angrebsniveau foregående år
T7 : middeltemperatur ($^{\circ}\text{C}$) i juli
P : månedsnedbør (mm) (2=februar, 3=marts etc.)
PD : antal nedbørsdøgn (6=juni etc.)
P11L: nedbør (mm) i november foregående år

Tabel 11. Variable og parameterestimer i den "bedste" model for angrebsniveau af knoporme (CW).

er det muligt at forklare 64% af den totale variation i årlig angrebsgrad.

De værdier, som beregnes med modellen for de enkelte år, er vist i fig. 6b.

4.4 Diskussion.

Biologiske fortolkninger af de fundne korrelationer og af de viste variable i den "bedste" model er givet af Mikkelsen & Esbjerg (1981) og Mikkelsen & Esbjerg (1983). Den reducerende effekt på angrebsstyrken af vinternefbøren og nedbøren i maj måned skyldes formentlig jordfugtighedens skadelige virkning på larver og pupper. Et stort antal nedbørsdage i juni, juli og august er ugunstigt for

de voksne ageruglers flyvning, parring og æglægning, og mindsker således angrebsstyrken.

Den fremmende effekt på angrebsstyrken af "sidste års" angrebsstyrke synes indlysende: en stor population et givet år øger - alt andet lige - risikoen for en stor population og dermed stor skade det følgende år.

Varsling for angreb af knoporme kan ikke baseres på den her viste model alene, bl.a. på grund af det sene tidspunkt på året, varsling ville kunne udsendes. Der er dog udarbejdet modificerede modeller, hvormed varsling ville kunne udsendes omkring 1. juni. Modellerne vil i fremtiden blive opdateret årligt, når endnu et års informationer om angrebsstyrke og meteorologiske forhold kan tilføjes modellernes basismateriale. Modellerne vil blive indarbejdet i det varslingssystem, som skitseredes i afsnit 3, hvorefter angrebsstyrken rutinemæssigt vil kunne beregnes.

Samarbejdet med plantepatologerne på dette område fortsætter som også skitseret af Esbjerg et al. (1983). Tanken er, at et egentligt varslingssystem kan bestå i en kombination af model-beregninger og resultater af fældefangster af de voksne agerugler. I fortolkningen af fældefangsternes resultater indgår også meteorologiske betragtninger, idet sommerfuglenes flyveaktivitet påvirkes af bl.a. de meteorologiske forhold.

5. VARMESUMSMODELLER TIL BEREGNING AF INDUSTRIÆRTERS HØSTTIDSPUNKT

5.1 Indledning.

Varmesummen for en given periode af en plantearts udvikling er karakteriseret ved den anvendte basistemperatur og ved størrelsen af den akkumulerede varmesum for perioden. Indenfor jordbrugsmeteorologien har varmesummer to typiske anvendelser: som inddata i afgrøde-vejr modeller til bestemmelse af afgrødens blutudbytte og/eller høsttidspunkt samt som grundlag for udtegnning af agro-klimatiske kort som vist af Mikkelsen (1981a).

I forbindelse med konserverfabrikkernes planlægning af et års såning og høst af industriærter anvendes af fabrikkerne i overensstemmelse med Ottosson (1958) varmesummen med basistemperatur 4.5°C for perioden såning til høst. Formålet med den undersøgelse, som i det følgende er omtalt oversigtligt, og som er udførligt beskrevet af Mikkelsen (1981b), har været at klarlægge, om andre varmesumsmodeller kan give en mere sikker beregning af ærternes høsttidspunkt.

5.2 Datamateriale og metoder.

Det anvendte biologiske datamateriale stammer fra sortsforsøg 1961-1979 og består af resultater fra målesorterne Dark Skinned Perfection (D.S.P.), Freezer 69 og Pluperfect. Sortsforsøgene er gennemført på forsøgsstationerne Spangsbjerg, Blangstedgård og Årslev. Sorterne er medtaget et varierende antal steder de enkelte år. Stationen ved Spangsbjerg ophørte i 1973, hvorfor resultater derfra kun findes til og med 1972. Datamaterialet består i alt af 61 observationer.

Dato for forsøgenes såning er naturligvis kendt eksakt. Dato for fremspiring er bestemt som dato for 50% fremspiring, og høstdato er bestemt som den dato, hvor tenderometertallet er 110. Fremspiringsdato kendes kun for 52 af de 61 observationer.

Undersøgelsens meteorologiske datamateriale er de daglige målinger af maximum- og minimumtemperatur, som for Meteorologisk Institut er foretaget i engelsk hytte i 2 m's højde over jordoverfladen ved de 3 forsøgsstationer. Døgnmiddeltemperaturen T_d ($^{\circ}\text{C}$) for døgn nr. d i en given periode er beregnet som

$$T_d = (T_{\max,d} + T_{\min,d})/2 \quad (1)$$

hvor $T_{\max,d}$ og $T_{\min,d}$ er henholdsvis maximum- og minimumtemperatur ($^{\circ}\text{C}$) for døgn nr. d . Varmesummen VS_T ($^{\circ}\text{C}$) med basistemperatur T ($^{\circ}\text{C}$) for perioden dag nr. $d=1$ til p findes da som

$$VS_T = \sum_{d=1}^p (T_d - T) \quad \text{for } T_d > T \quad (2)$$

Formålet med anvendelse af en varmesummodel er beregning af høst-tidspunktet. Beregningsfejls størrelse, $s_{\text{prædiktion}}$ (antal dage) er undersøgt ved anvendelse af varmesummer med basistemperatur 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 og 6.0 °C. Som sammenligningsgrundlag er fundet beregningsfejlen, når "antal dage" anvendes som forudsigelseskriterium, d.v.s. efter en simpel "antal-dage-model". Undersøgelserne er gennemført for perioderne såning til høst og fremspiring til høst. På grund af sorterens forskellige varmekrav er beregningerne foretaget sortsvis.

$s_{\text{prædiktion}}$ for "antal-dage-modellen" og for varmesummodellerne er fundet ud fra den såkaldte PRESS-størrelse (PRediction Error Sum of Squares) efter formlen

$$s_{\text{prædiktion}} = \sqrt{\frac{\text{PRESS}}{n}} \quad (3)$$

hvor n er antal observationer. PRESS-metoden er udviklet netop som en metode til at finde den bedste af et antal mulige modeller anvendt til forudsigelse (Cady & Allen, 1972), og metodens anvendelse er nærmere beskrevet af Mikkelsen (1981b).

5.3 Resultater og diskussion.

For detaljerede resultater angående antal dage og varmesummer, som er krævet af de forskellige sorter for perioden såning til høst og perioden fremspiring til høst henvises til Mikkelsen (1981b), hvor også resultaterne er diskuteret. I denne summariske gennemgang skal blot vises resultaterne af analyserne med PRESS-metoden, som giver udtryk for beregningsfejls størrelse ved de forskellige modeller.

I tabel 12 er vist PRESS-værdier og beregningsfejl, $s_{\text{prædiktion}}$, for "antal-dage-modellen" anvendt for perioderne såning til høst og fremspiring til høst. Tilsvarende er i tabel 13 vist PRESS-værdier og beregningsfejl, når varmesummer med basistemperaturer fra 3.0 til 6.0 °C anvendes som kriterier for beregning af høstdato.

Sammenligning af værdierne for $s_{\text{prædiktion}}$ i tabel 12 og 13 viser - ikke overraskende - at sikkerheden i beregning af høstdato øges væ-

Sort	<u>Såning-Høst</u>			<u>Fremspiring-Høst</u>		
	N	PRESS (dage^2)	$s_{\text{prædikt}}\text{ion}$ (dage)	N	PRESS (dage^2)	$s_{\text{prædikt}}\text{ion}$ (dage)
D.S.P.	29	3071	10.3	24	1776	8.6
Freezer 69	23	1969	9.3	20	1295	8.1
Pluperfect	9	583	8.0	8	698	9.3
Sum	61	5623		52	3769	

Tabel 12. Antal observationer N, PRESS-værdier og beregningsfejl $s_{\text{prædikt}}\text{ion}$ for "antal-dage-model".

sentligt ved at anvende varmesummer fremfor antal dage. Tabel 13 viser endvidere, at hvis varmesumsmodellen anvendes for perioden såning til høst, opnås de bedste resultater med basistemperaturerne 4.0, 4.5 eller 5.0 °C ($s_{\text{prædikt}}\text{ion}$ 4-6 dage). Dette er i god overensstemmelse med den metode, som nu anvendes i praksis af konserverfabrikkerne. Værdierne for $s_{\text{prædikt}}\text{ion}$ for perioden fremspiring til høst er imidlertid endnu lavere. Med basistemperaturen 5.5 °C opnås beregningsfejl på 2.5-4 dage.

De her gennemførte undersøgelser viser således, at den "bedste" model til beregning af høsttidspunktet er varmesummen med basistemperatur 5.5 °C for perioden fremspiring til høst. Evt. anvendelse i praksis af denne model besværliggøres naturligvis af bestemmelsen af fremspiringstidspunktet. For tiden foretages ved Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste yderligere analyser af de omtalte modeller. Det videre arbejde har til formål at belyse muligheden for via jordtemperaturmålinger at beregne fremspiringstidspunktet og at undersøge muligheden for modellens anvendelse i praksis. Datamaterialet for det videre arbejde stammer fra Institut for Grønsager, Årsløv, og fra fynske konserverfabrikker. Arbejdet gennemføres i samarbejde med vid.ass. Johs. Jensen, Institut for Grønsager.

Sort	N	Basistemperatur (°C)													
		3.0		3.5		4.0		4.5		5.0		5.5		6.0	
		PRESS (dage ²)	s _p (dage)	PRESS (dage ²)	s _p (dage)	PRESS (dage ²)	s _p (dage)	PRESS (dage ²)	s _p (dage)	PRESS (dage ²)	s _p (dage)	PRESS (dage ²)	s _p (dage)	PRESS (dage ²)	s _p (dage)
<u>Såning-Høst:</u>															
D.S.F.	29	449	3.9	434	3.9	437	3.9	411	3.8	423	3.8	437	3.9	469	4.0
Freezer 69	23	860	6.1	878	6.2	842	6.1	864	6.1	842	6.1	889	6.2	882	6.2
Pluperfect	9	115	3.6	123	3.7	121	3.7	134	3.9	134	3.9	172	4.4	174	4.4
Sum	61	1424		1435		1400		1409		1399		1498		1524	
<u>Fremspiring-Høst:</u>															
D.S.F.	24	253	3.2	236	3.1	196	2.9	177	2.7	167	2.6	147	2.5	152	2.5
Freezer 69	20	358	4.2	342	4.1	329	4.1	313	4.0	282	3.8	283	3.8	289	3.8
Pluperfect	8	114	3.8	102	3.6	100	3.5	104	3.6	78	3.1	73	3.0	83	3.2
Sum	52	725		680		625		594		527		503		524	

Tabel 13. Antal observationer N, PRESS-værdier og beregningsfejl s_p for varmesummodel med forskellige basistemperaturer.

6. BEREGNING AF MERUDBYTTE VED VANDING I BYG, GRÆS OG KARTOF- LER.

6.1 Undersøgelsens baggrund.

Interessen for etablering af vandingsanlæg har været stigende i det sidste årti, især efter de to tørre år 1975 og 1976. Vandingsanlægene er fortrinsvis koncentreret i de vest- og sønderjyske områder, hvor de mest tørkefølsomme arealer forekommer, og hvor betingelserne for vandindvinding er gode.

I forbindelse med amternes og hovedstadsrådets vandforsyningsplanlægning er kendskab til jordbrugets vandingsbehov og det økonomiske udbytte af vandingen af stor betydning. Vandingsbehov i forskellige afgrøder er tidligere publiceret af Gregersen & Knudsen (1980) og Gregersen & Knudsen (1981).

Det økonomiske udbytte ved vanding er beregnet af Laursen (1981). Afgrødeudbytterne i denne undersøgelse var begrænset til en forsøgsserie med vandede og uvandede afgrøder ved Jyndevad forsøgsstation for perioden 1967-76.

Ved fastlæggelse af "normal"værdier for merudbytte ved vanding kræves data fra lokaliteter over hele landet for en længere årrække. Udbyttedata fra vandingsforsøg, der opfylder disse krav, eksisterer ikke. Merudbyttet er derfor beregnet med modeller på grundlag af data for nedbør og fordampning.

Undersøgelsen er udført i samarbejde med St. Jyndevad forsøgsstation og er beskrevet udførligt af Gregersen og Olesen (1983).

6.2 Datamateriale.

I jordbrugets planteproduktion er fordampningen (evapotranspiration) af afgørende betydning. Nedbør og potentiel fordampning måles i vækstsæsonen ugentligt en lang række steder i Danmark (Gregersen & Knudsen, 1981). Data fra perioden 1957-81 er anvendt i denne undersøgelse.

Ugeværdierne for nedbør og fordampning er transformeret til døgnværdier før anvendelse i vandbalance-modellen. Fordampningen er fordelt ligeligt på ugens dage, mens nedbør er fordelt i forhold til daglig nedbør på den nærmeste klimastation.

Ved udvikling af udbyttemodellerne er anvendt data fra vandingsforsøg, der tidligere er publiceret i Tidsskrift for Planteavl og Meddelelser fra Statens Planteavlsforsøg.

6.3 Model.

Til beregning af aktuel fordampning er anvendt en vandbalancemodel, der er beskrevet af Johansson (1974) og delvis modificeret af Gregersen og Knudsen (1980).

Til beskrivelse af sammenhængen mellem fordampning og udbytte er i hovedsagen anvendt følgende sammenhæng (Hanks & Hill, 1980):

$$U_a/U_p = b_0 + b_1 F \quad (4)$$

hvor U_a/U_p er forholdet mellem aktuelt og maksimalt udbytte (relativt udbytte).

F er forholdet mellem aktuel og potentiel fordampning, og b_0 og b_1 er konstanter.

En kvadratisk afhængighed af F er dog også anvendt, og for byg og kartofler er vækstperioden delt op i 3 til 4 vækstfaser med forskellige parametre for F i de forskellige vækstfaser. Parametrene i disse modeller er bestemt ved multipel lineær regression på udbyttetotal fra vandingsforsøg.

Det maksimale udbytte i disse vandingsforsøg er beregnet som udbyttet i forsøgsleddet med størst udbytte delt med F i forsøgsleddet med størst F .

Ved beregning af merudbyttet ved vanding er følgende maksimale udbytter anvendt i vårbyg: 54 hkg/ha af kerne med 15 procent vand

græs: 110 ae/ha.

midt-tidlige kartofler: 550 hkg knolde pr. ha.

sildige kartofler: 675 hkg knolde pr. ha.

6.4 Resultater og diskussion.

Modellerne kunne forklare 76% af variationen i relativt udbytte i vårbyg, 84% af variationen i relativt udbytte i græs og 92% af variationen i relativt udbytte i kartofler. I fig. 7 er det beregnede udbytte i vårbyg afbildet mod det målte. Disse sammenhænge anses for tilstrækkelig gode til, at modellerne kan anvendes til beregning af merudbyttet ved vanding i de nævnte afgrøder.

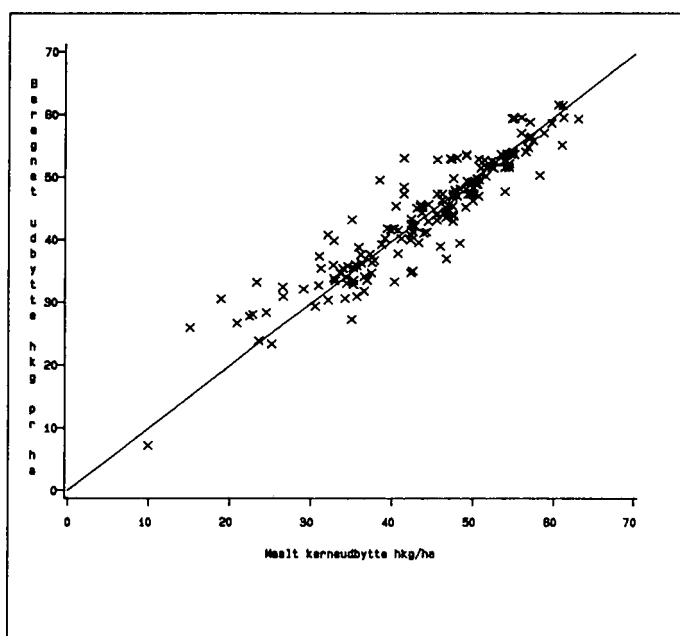


Fig. 7. Beregnet og målt udbytte ved vanding i vårbyg.

Et eksempel på modelberegningerne er vist i tabel 14, hvor det beregnede merudbytte ved anvendelse af klimadata fra St. Jyndeved 1957-81 er angivet. Beregninger er udført for 6 forskellige rodzonekapaciteter, fra 60 til 160 mm tilgængeligt vand i rodzonen.

Tilsvarende modelberegninger kan udføres for alle de steder i landet, hvor der er gennemført nedbørs- og fordampningsmålinger. Det vil desuden være muligt at få et udtryk for variationsbredden i merudbyttet og for dyrkningssikkerheden ved vanding.

Rodzonekapa- citet, mm	Vårbyg hkg/ha	Græs ae/ha	Middeltidlige kartofler hkg/ha	Sild. kar- tofler, hkg/ha
60	12.9	23.8	81.7	77.8
80	9.5	20.0	60.6	60.5
100	6.2	17.0	44.7	42.3
120	3.7	14.8	29.1	31.1
140	2.3	12.0	19.7	27.6
160	1.7	10.0	15.5	22.1

Tabel 14. Eksempel på beregnede merudbytter for vanding i Sønderjylland beregnet med klimadata fra St. Jyndevad, 1957-81.

7. MODEL FOR DE METEOROLOGISKE FORHOLDS INDFLYDELSE PÅ MEJETÆRSKERMODENT BYGS VANDINDHOLD.

7.1 Undersøgelsens baggrund.

Den tiltagende korndyrkning i Danmark har bevirket, at planteavlens økonomiske udbytte i høj grad afhænger af nogle få ugers koncentreret arbejdsindsats i høstperioden. Mulighederne for at høste kornet, når det er modent, afhænger dels af vejret i tiden efter modenhed, og dels af den mejetærskerkapacitet, der er til rådighed i høstperioden. En langvarig regnvejrperiode betyder, at kornet kun vanskeligt kan høstes med mejetærsker, og at der bliver store udgifter til nedtørring af kernerne.

Planlægning af den mejetærskerkapacitet, der under normale forhold er nødvendig og tilstrækkelig til at høste al kornet, kræver kendskab til det normale antal timer med mulighed for mejetærskning. Sådanne "normal"værdier er her beregnet ved anvendelse af en meteorologisk model.

Undersøgelsen er udført i samarbejde med Jordbrugsteknisk Institut ved Landbohøjskolen. Resultaterne anvendes i forbindelse med et forskningsprojekt ved Jordbrugsteknisk Institut vedrørende høstsy-

stemer til høst af modent korn. Undersøgelsens metoder og resultater vil senere blive beskrevet udførligt.

7.2 Datamateriale.

Den anvendte model kræver observationer af temperatur, nedbør, relativ luftfugtighed og vejrlig hver time. Ved observation af vejrlig forstås i denne forbindelse registrering af, om det i den forløbne time har været klart vejr, regnvejr eller tåge.

Sådanne observationer foretages rutinemæssigt ved Meteorologisk Instituts net af synop-stationer (jvf. afsnit 2.1). Jordbrugsmeteorologiprojektets databanker (afsnit 2.3) omfatter observationer fra synop-stationerne Karup og Kastrup 1953-1980. Disse stationers observationer var for perioderne 1953-58 og 1973-80 til rådighed hver tredie time, og for perioden 1959-72 hver time. Nedbøren blev dog i årene 1953-65 kun observeret to gange i døgnet, og i årene 1966-80 fire gange i døgnet.

Manglende værdier af temperatur og relativ luftfugtighed er estimeret ved lineær interpolation. Nedbøren er fordelt ligeligt på de timer, hvor det har været regnvejr.

Perioden 1953-80, som er på 28 år, skønnes tilstrækkelig lang til udarbejdelse af "normal"værdier.

Modellen er valideret på kornfugtighedsmålinger i byg ved Højbakkegård 1953-55 (Tougaard Pedersen, 1960). De tilsvarende meteorologiske data er fra Kastrup. Da afstanden mellem Kastrup og Højbakkegård er ca. 25 km, og Kastrup er beliggende ved kysten, mens Højbakkegård ligger inde i landet, må der alene af disse grunde forventes forskelle mellem de beregnede og de målte kornfugtigheder. Desuden har der fra disse år kun været observationer til rådighed fra Kastrup hver tredie time.

7.3 Model.

Modellen er udarbejdet på grundlag af undersøgelser af van Kampen (1969) og Heger (1973). Modellen kræver som inddata foruden de o-

vennævnte meteorologiske data oplysning om tidspunkt for gulmodenhed.

Kornkerner kan afgive eller optage vand alt efter, hvor fugtig den omgivende luft er. Der vil således være en ligevægt mellem kernens vandindhold og den omgivende lufts relative luftfugtighed, jvf. fig. 8.

Nedtørring antages i modellen at finde sted, når luftens fugtighed er mindre end den ligevægtfugtighed, som det aktuelle vandindhold i kernerne betinger. Opfugtning antages at ske ved høj relativ luftfugtighed samt ved regn eller tåge. Der tages i modellen ikke direkte hensyn til opfugtning ved dug, da datamaterialet ikke indeholder oplysninger om forekomst af dug. De ligninger, der er anvendt i modellen for nedtørring og opfugtning, er beskrevet af van Kampen (1969) og Heger (1973).

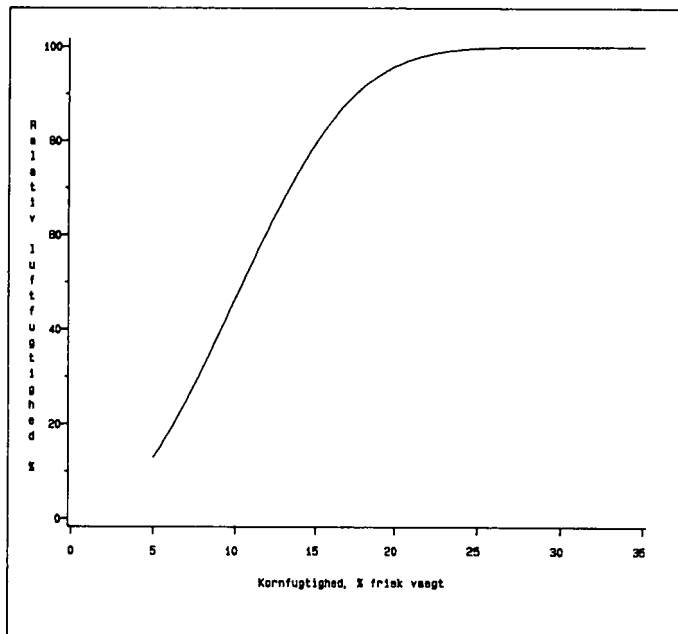


Fig. 8. Ligevægtskurven mellem relativ luftfugtighed og bygkerners vandindhold (Henderson, 1952).

7.4 Resultater og diskussion.

Fig. 9 viser de beregnede og målte kornfugtigheder ved henholdsvis Kastrup og Højbakkegård for 1953. Det ses, at der generelt er nogenlunde god overensstemmelse mellem de målte og de beregnede kornfugtigheder. For 1954 og 1955 var overensstemmelsen dog mindre god. Dette skyldes til dels, at der her blev målt kornfugtigheder på op til 43%, mens det højeste vandindhold, der kan opnås med modellen, er 34%.

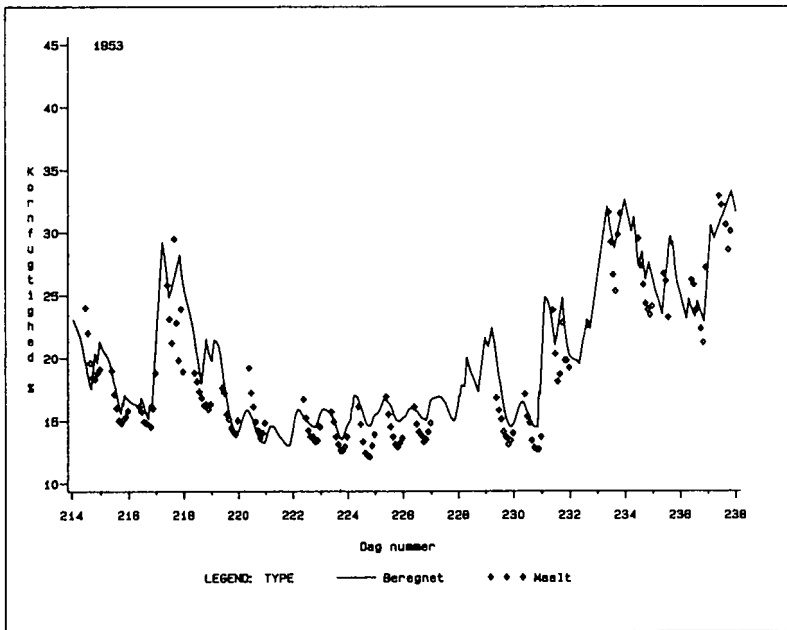


Fig. 9. Beregnede og målte kornfugtigheder i byg 1953.

Fig. 10 viser for alle tre år de beregnede kornfugtigheder afbildet mod de målte. Ved en regressionsanalyse fandtes følgende ligning (5) at give en multipel korrelationskoefficient (R^2) på 0.72:

$$F_{\text{ber}} = 6.40 + 0.65 \cdot F_{\text{målt}} \quad (5)$$

hvor F_{ber} og $F_{\text{målt}}$ er henholdsvis de beregnede og de målte kornfugtigheder. Ved tilsvarende beregninger efter (5) gennemført for

de enkelte år, opnåedes følgende R^2 -værdier: 1953: 0.87, 1954: 0.68 og 1955: 0.54.

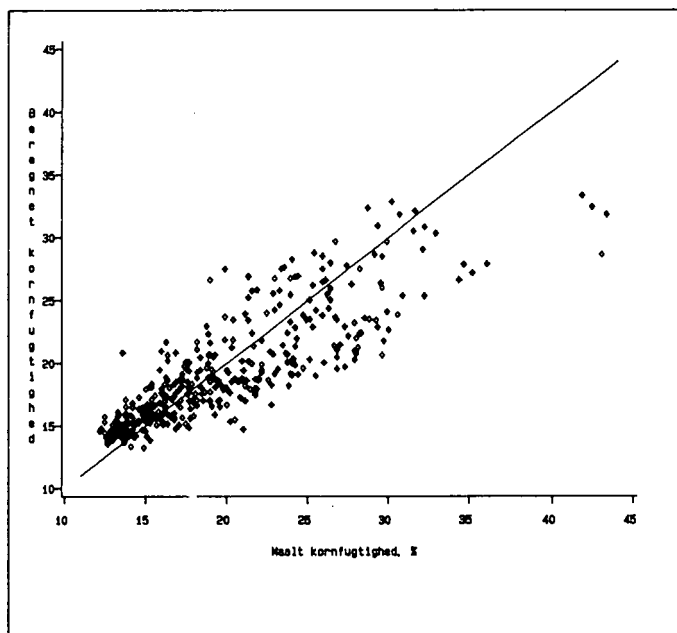


Fig. 10. Beregnede kornfugtigheder ved Kastrup afbildet mod de tilsvarende målte kornfugtigheder i byg ved Højbakkegård, 1953-1955.

Tages afstanden mellem Højbakkegård og Kastrup i betragtning, må sammenhængen mellem de beregnede og de målte kornfugtigheder betragtes som god. Modellen synes således at være anvendelig til beregning af kornfugtigheder i modent byg.

I tabel 15 er givet et eksempel på modelberegningerne. I tabellen er angivet det "normale" antal tørre dagtimer med kornfugtigheder under visse grænser. Dagtimer er her defineret som tiden fra fire timer efter solopgang til fire timer efter solnedgang. Beregningerne er udført for månederne juli, august og september. Der er kun medtaget 30 dage i hver måned regnet fra den første dag, hvor kornfugtigheden kommer under 24 %.

Da modellen er udviklet til anvendelse på synop-data, vil denne og-

så kunne anvendes operationelt til beregning af kornfugtigheder. Inddata til modellen vil da være de synop-data, der daglig transmitteres fra Meteorologisk Institut til NEUCC, jvf. afsnit 2.2.

Kornfugtighed	juli	august	september
14%	43	35	8
15%	100	79	26
16%	152	126	55
18%	216	191	119
20%	257	237	163
22%	287	268	199
24%	310	293	226
Totale dagtimer	480	444	376

Tabel 15. Antal tørre dagtimer med kornfugtigheder under visse grænser (% af friskvægt) for månederne juli-september ved Kastrup. Middelværdier for 1953 til 1980.

8. RELATIONER MELLEM MINIMUMTEMPERATUREN I 2 M HØJDE OG VED JORDOVERFLADEN.

8.1 Undersøgelsens baggrund.

Nattefrost hører til de klimafaktorer, der kan forårsage betydelig skade på følsomme afgrøder. Dette gælder især for nattefrost i det sene forår, hvor bl.a. blomstrende frugttræer og tidlige kartofler kan skades betydeligt af frost.

Forskellige tekniske midler kan anvendes til forebyggelse af frostska-der på afgrøderne (Bagdonas et al., 1978). Der kan f.eks. være tale om frostbeskyttende vanding, varmeaggregater til opvarmning af luften omkring planterne, eller blæsere, der forårsager turbulens og opblanding af de nederste luftlag (Grauslund, 1982). Fælles for disse beskyttelsesforanstaltninger er, at de ofte er bekostelige at anvende og kræver rådighed over arbejdskraft i nattetimerne.

Ved planlægning af frostbeskyttelse er kendskab til både den klimatiske risiko for frost og den meteorologiske forudsigelse af frost af betydning. Denne undersøgelse, der er udførligt beskrevet af Olesen og Mikkelsen (1983), omfatter dels en statistisk beskrivelse af minimumtemperaturernes variation og dels en vurdering af simple statistiske modeller, som er udviklet til forudsigelse af frost. Desuden er differencen mellem minimumtemperaturerne i 2 m og 0.2 m højde undersøgt. Denne differens er et udtryk for inversionsforholdene, idet der ved inversion forstås situationer, hvor temperaturen er stigende med stigende højde over jordoverfladen.

8.2 Datamateriale.

Ved klimastationen på Statens forsøgsstation ved Rønhave er der gennem en årrække registreret temperatur og minimumtemperatur i 0.2 m højde over jordoverfladen. Disse temperaturer er målt med termometre anbragt i en klimahytte over bar jord. Desuden observeredes en række andre klimavariabler, jvf. tabel 1. Temperaturerne i 2 m højde målt med termometre anbragt i en standard vejrhytte.

I undersøgelsen anvendtes data fra to perioder, henholdsvis fra 1. januar 1964 til 31. oktober 1967 og fra 25. maj 1975 til 31. december 1978. I årene 1964-67 observeredes i en have under læforhold, mens instrumenterne i 1975-78 var placeret på åben mark uden nævneværdigt læ.

8.3 Metoder.

Til beskrivelse af sammenhængen mellem klimatiske variable er anvendt multipel lineær regression med følgende model:

$$y_i = b_0 + b_1x_{i1} + \dots + b_kx_{ik} + e_i, i=1, \dots, n \quad (6)$$

Den afhængige variabel (y) antages således at være en lineær funktion af de bestemmende variable ($x_1, \dots, x_k$) plus et residual (e). Stepwise-metoden (Helwig & Council, 1979) anvendtes til udvælgelse af modeller blandt de mulige bestemmende variable. For en udførlig beskrivelse af disse metoder henvises til Draper & Smith (1966).

Den afhængige variabel (y_1) har her været minimumtemperaturen i 2 m eller 0.2 m højde samt differensen mellem minimumtemperaturerne i 2 m og 0.2 m højde. De mulige bestemmende variable har været i lufttemperatur, temperatur af fugtigt termometer, relativ luftfugtighed, damptryk, dugpunktstemperatur, skydække og vindstyrke.

8.4 Resultater og diskussion.

I forbindelse med frostforebyggelse er hensyntagen til inversionsforholdene af stor betydning. Minimumtemperaturen defineres sædvanligvis som minimumtemperaturen af et skærmet termometer i ca. 2 m højde. Under inversionsforhold kan minimumtemperaturen ved jordoverfladen være betydeligt lavere.

Inversionsforholdene er her udtrykt ved temperaturdifferensen T_{dif} , der er minimumtemperaturen i 2 m højde minus minimumtemperaturen i 0.2 m højde.

Fig. 11 viser det årlige forløb af temperaturdifferensen. I årene 1975-78 var der en tendens til større værdier i sommermånederne, mens de største værdier af T_{dif} først kom sent på efteråret 1964-67. Temperaturdifferensen var dog væsentlig større i årene 1964-67 end i 1975-78.

Ved en regressionsanalyse fandtes T_{dif} primært at afhænge af skydække og vindstyrke, således at lille skydække og lille vindstyrke øger risikoen for inversionsdannelse. Skydækkets indflydelse beror på dets afgørende betydning for udstrålingsforholdene. En stor udstråling under skyfri forhold medfører således et stort temperaturfald ved jordoverfladen og dermed også en stigning i temperaturdifferensen. Vindstyrkens indflydelse skyldes, at vinden øger den mekaniske turbulens og derved varmetransporten i luften. Herved udlines de vertikale temperaturforskelle, og T_{dif} formindskes.

Temperaturdifferensens afhængighed af skydække og vindhastighed afspejler sig også i fig. 11, idet T_{dif} her er størst i sommermånederne, hvor også hyppigheden af klare, vindstille nætter er størst. Den markante forskel i temperaturdifferensens størrelse mellem de

to årrækker ved Rønhave forklares med klimastationens beliggenhed. I årene 1964-67 blev observationerne foretaget i en have under læforhold, hvilket har givet gode muligheder for inversionsdannelse.

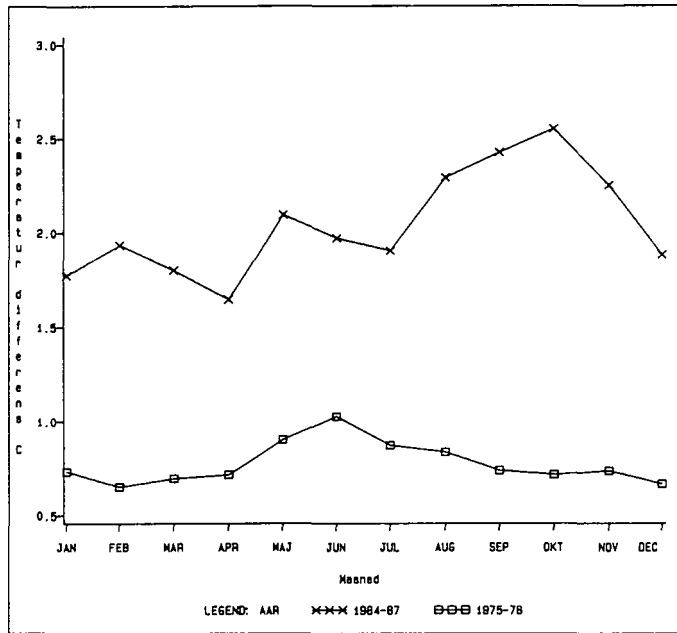


Fig. 11. Månedlige middelværdier af differensen mellem minimumtemperaturerne i 2 m og 0.2 m højde ved Rønhave i årene 1964-67 og 1975-78.

Modellen til beskrivelse af T_{dif} kan kun forklare en relativt beskeden del (50%) af variationen i denne variabel. Det synes derfor ikke muligt med tilstrækkelig nøjagtighed at beregne minimumtemperaturen ved jordoverfladen på grundlag af de observationer, der i øvrigt foretages ved klimastationerne.

Multipel lineær regression anvendtes også til udvikling af egentlige prognosemodeller, som på grundlag af registreringer kl. 14 eller kl. 21 kan forudsige den følgende nats minimumtemperaturer i 2 m eller 0.2 m højde.

Følgende variable fandtes af betydning ved forudsigelse af minimum-temperaturen i 2 m højde:

1. Temperatur af fugtigt termometer
2. Skydække
3. Natlængde.

Ved forudsigelse af minimumtemperaturen i 0.2 m højde fandtes desuden vindstyrken af betydning.

Regressionsmodellerne er dog ikke særlig velegnede til forudsigelse af frost, hvis forudsigelsen alene bygger på lokale observationer. Det skyldes, at skydækket kan ændre sig i løbet af aftenen og natten, hvorved betingelserne for udstråling og temperaturfald ændres.

Kombineret med prognoser for skydække og temperaturændring ved tilførsel af luftmasser kan modellerne dog give et godt grundlag for vurdering af frostrisiko og froststyrke.

9. UNDERSØGELSE AF DE METEOROLOGISKE FORHOLDS BETYDNING FOR FOREKOMSTEN AF SOMMERMASTITIS.

9.1 Undersøgelsens baggrund.

Sommermastitis, der også kaldes fluestik, er en ondartet form for yverbetændelse, som typisk angriber kvier på græs i eftersommeren. Sommermastitis resulterer praktisk taget altid i, at de angrebne kirtler bliver ødelagt. Årsagen til sommermastitis er en bakterie, *Corynebacterium pyogenes*, der dog næsten altid forekommer sammen med op til fire andre bakteriearter (Sørensen, 1979).

Overførslen af smitstof antages at ske med insekter som vektorer. Især synes plantagefluen, *Hydrotaea irritans*, at være en vigtig vektor. Det er dog tvivlsomt, om plantagefluen alene er ansvarlig for overførsel af smitte, idet plantagefluen kun sjældent og kortvarigt opholder sig på sunde kviepatte (Nielsen et al., 1972). Angreb af blodsugende insekter vil dog efterlade små stiksår, der tiltrækker plantagefluen.

Plantagefluen blev af Nielsen et al. (1971) observeret fra midten af juni til begyndelsen af september. Omkring dens aktivitetsmaksimum er plantagefluen den dominerende flueart på græssende kvier. Nielsen et al. (1971) fandt, at plantagefluens aktivitet kan modificeres af klimatiske faktorer. Aktiviteten hindres således af lave temperaturer (under 12-13 °C), af vedvarende regn eller tåge samt af høje vindhastigheder. Nogle få varme og fugtige dage kan dog forårsage en nærmest eksplosiv stigning i antallet af sommermastitistilfælde (Popp, 1975).

Formålet med denne undersøgelse var - ved sammenstilling af eksisterende meteorologiske data og data for forekomsten af sommermastitis - at klarlægge de meteorologiske forholds betydning for sommermastitis-angreb.

Undersøgelsen er udført i samarbejde med et SJVF finansieret projekt vedrørende sommermastitis (Hansen et al., 1982).

9.2 Datamateriale.

Data for antal behandlede tilfælde af sommermastitis i 14 dyrlægepraksiser i Jylland er anvendt. Disse praksiser blev udvalgt fra et større datamateriale, som de praksiser der havde de mest pålidelige og komplette optegnelser over sommermastitis. For disse dyrlægepraksiser synes det rimeligt at antage, at de behandlede antal tilfælde udgør en konstant brøkdel af det totale antal sommermastitis tilfælde. I fig. 12 er disse praksisers geografiske placering markeret med "x". Antallet af tilfælde er opgjort på 10-døgns (dekade) basis for månederne juli til december. For bedre at kunne sammenligne mellem år og steder er angrebet udtrykt som procent af antallet af malkekøer i den pågældende dyrlægepraksis.

De anvendte meteorologiske data stammer fra Jordbrugsmeteorologi-projektets databank for Statens forsøgsstationer (afsnit 2.3). Forsøgsstationernes geografiske placering er vist i fig. 12 med "o".

Der er anvendt måneds- og dekadeværdier af en række meteorologiske variable. Vindhastighederne er dog taget fra synop-stationer ved

Ålborg, Karup, Tirstrup og Skrydstrup, der hver tredje time observerer vindhastigheden i 10 m højde.

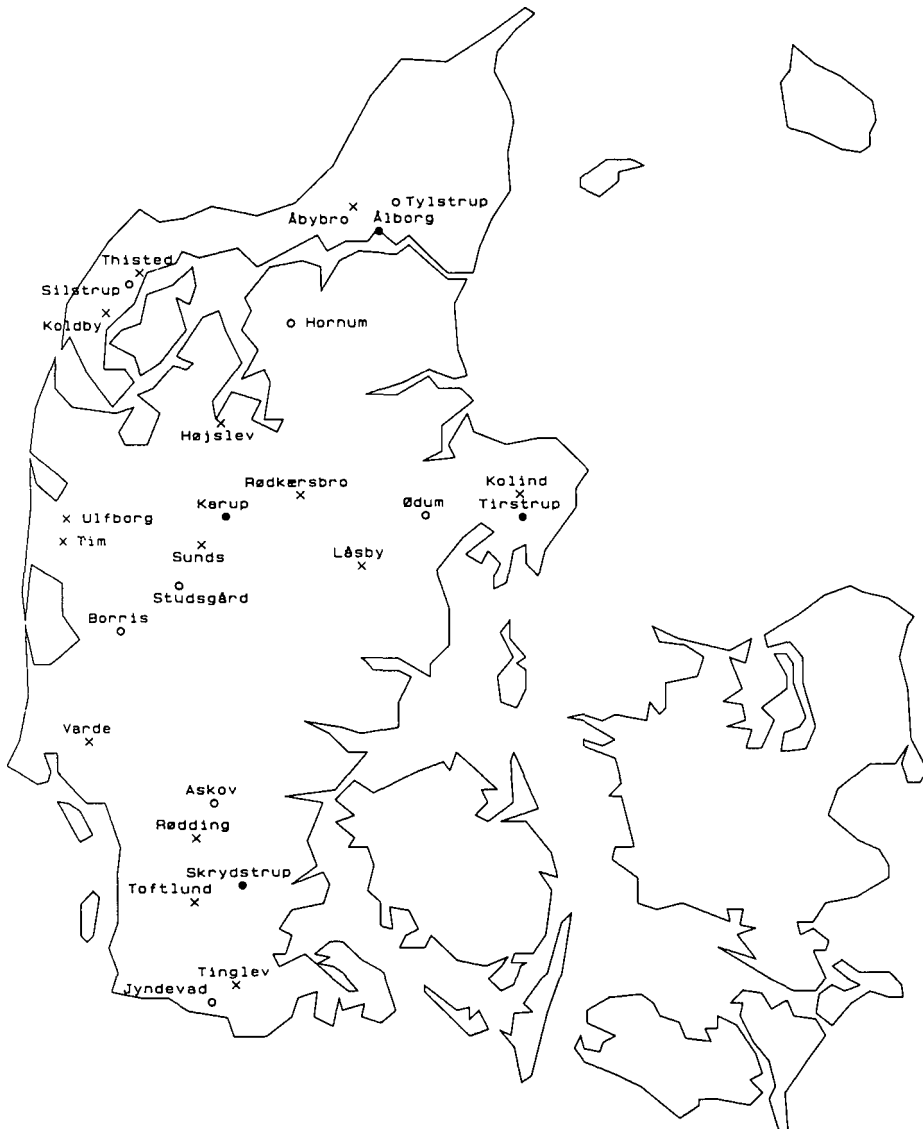


Fig. 12. Registreringslokaliteter for sommermastitis.
x: dyrlægepraksis, o: klimastation, ● synop-station.

9.3 Metoder.

Til undersøgelse af sammenhængen mellem sommermastitis og klima er anvendt multipel lineær regression og Stepwise-metoden, jvf. afsnit 8.

Det procentvise antal tilfælde på et år benævnes M_y . I fig. 13 er M_y afbildet mod år. Det ses, at antallet af sommermastitistilfælde er stærkt stigende med årene og at også variationen indenfor det enkelte år er stigende. Den stigende variation skyldes, at der er tale om antalsvariable med en varians, der er proportional med antallet af tilfælde. Det er derfor naturligt at anvende logaritmen til det procentvise antal tilfælde, hvilket virker variansstabiliserende (Rudemo, 1979).

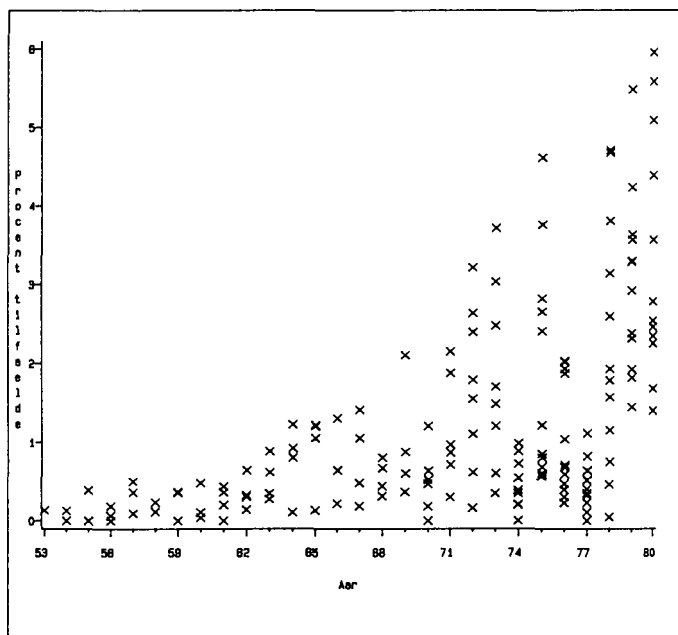


Fig. 13. Procent tilfælde af sommermastitis (M_y) afbildet mod år.

Da der i enkelte år ikke er forekommet sommermastitis, er følgende logaritmerede form af M_y anvendt: $\ln(M_y + 1)$. I fig. 14 er $\ln(M_y + 1)$ afbildet mod år. Variationen er her en smule mere stabil end i fig. 13, ligesom der synes at være en mere retlinet afhængighed af år.

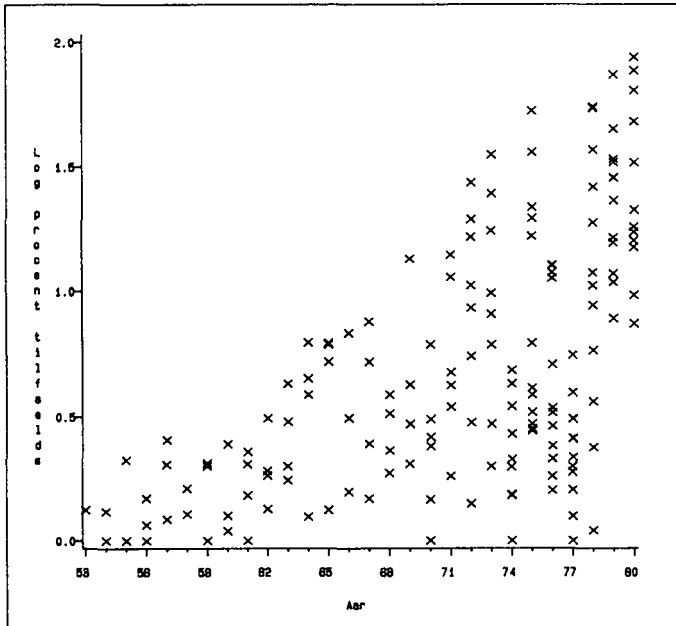


Fig. 14. Logaritmen til procent tilfælde med sommermastitis ($\ln(M_y + 1)$) afbildet mod år.

Følgende model (7) kan forklare 54.3% af variationen i $\ln(M_y + 1)$:

$$\ln(M_y + 1) = b_0 + a_i \cdot S_i + b_1 \cdot Y + e \quad (7)$$

hvor S_i angiver sted som klassevariabel, og Y er år som lineær variabel.

Når data er korrigeret for års- og stedvirkning, er sammenhængen mellem de korrigerede værdier og de meteorologiske variable undersøgt ved anvendelse af multipel lineær regression og Stepwise-metoden.

9.4 Resultater og diskussion.

Resultaterne af regressionsanalysen viser, at sommermastitis forekommer tidligt, hvis forsommeren har været varm og fugtig. Angrebsgraden et givet år afhænger i nogen grad af temperatur og nedbør i det forløbne efterår og vinter. Høj temperatur og lille nedbør i denne periode synes at øge risikoen for et kraftigt angreb af sommermastitis. I sommerperioden forårsager høj temperatur og fugtighed inden for de sidste 14 dage en øget risiko for sommermastitis. Lav vindhastighed i denne periode synes ligeledes at øge risikoen.

Der er i datamaterialet en stærk tendens til øget hyppighed af sommermastitis op gennem årene. Dette kunne ikke forklares med ændrede klimatiske vilkår, men må snarere ses som et udtryk for avlsarbejdet og en ændret racesammensætning af malkekobestanden.

De udviklede statistiske modeller vil næppe kunne anvendes i nogen egentlig varsling mod sommermastitis. Det er dog formentlig muligt med modellerne at udpege deciderede risikoår. Et egentligt modelarbejde, der kan anvendes i en varslingstjeneste, må foregå på grundlag af kendte biologiske sammenhænge. Ved udvikling af modeller for disse sammenhænge er de statistiske modeller dog velegnede, idet de påviser, hvilke faktorer der bør undersøges nærmere.

DEL III

10. JORDBRUGSVEJRUDSIGTER.

10.1 Baggrund.

Jordbrugsvejrudsigter er prognoser, som er udformet specielt for jordbruget, og som indeholder forudsigelser af meteorologiske størrelser af særlig interesse for jordbruget.

I 1981 indledtes forhandlinger mellem Jordbrugsmeteorologiprojektets projektgruppe og Meteorologisk Institut om Instituttets muligheder for at udarbejde sådanne jordbrugsvejrudsigter. Meteorologerne blev derved informeret om jordbrugets behov og ønsker, og jordbrugsforskere og -rådgivere blev oplyst om Instituttets mulighed for at imødekomme disse ønsker.

I fig. 15 er vist et skema over arbejdsoperationer og meteorologiske parametre. Skemaet er udarbejdet af Jordbrugsmeteorologiprojektet og udgjorde en del af grundlaget for forhandlingerne med Meteorologisk Institut. I skemaet er givet en meget generel oversigt over jordbrugets vejrafhængige arbejdsoperationer, indplaceret på en lodret tidsakse marts til november. I skemaet er endvidere med kursiveret skrift vist de meteorologiske størrelser, som er af speciel interesse for planlægningen af den enkelte arbejdsoperation.

Forhandlingerne resulterede i, at Meteorologisk Institut den 3. maj 1982 påbegyndte udsendelsen af jordbrugsvejrudsigter. Vejrudsigternes form, indhold, formidling og anvendelse er kort beskrevet af Mikkelsen (1982) og Mikkelsen og Henriksen (1982). Endvidere er af Statens Planteavlfsforsøg udgivet en blå informationsfolder "Jordbrugsmeteorologi", april 1982, med en kort omtale af jordbrugsvejrudsigterne.

10.2 Udsigternes indhold og formidling.

Udsigterne er 5-døgns prognoser, og basismaterialet for udarbejdelsen af dem er de prognoser, som Meteorologisk Institut modtager fra det fælles-europæiske regnecenter i Reading, England. Centret hedder European Centre for Mediumrange Weather Forecast (ECMWF).

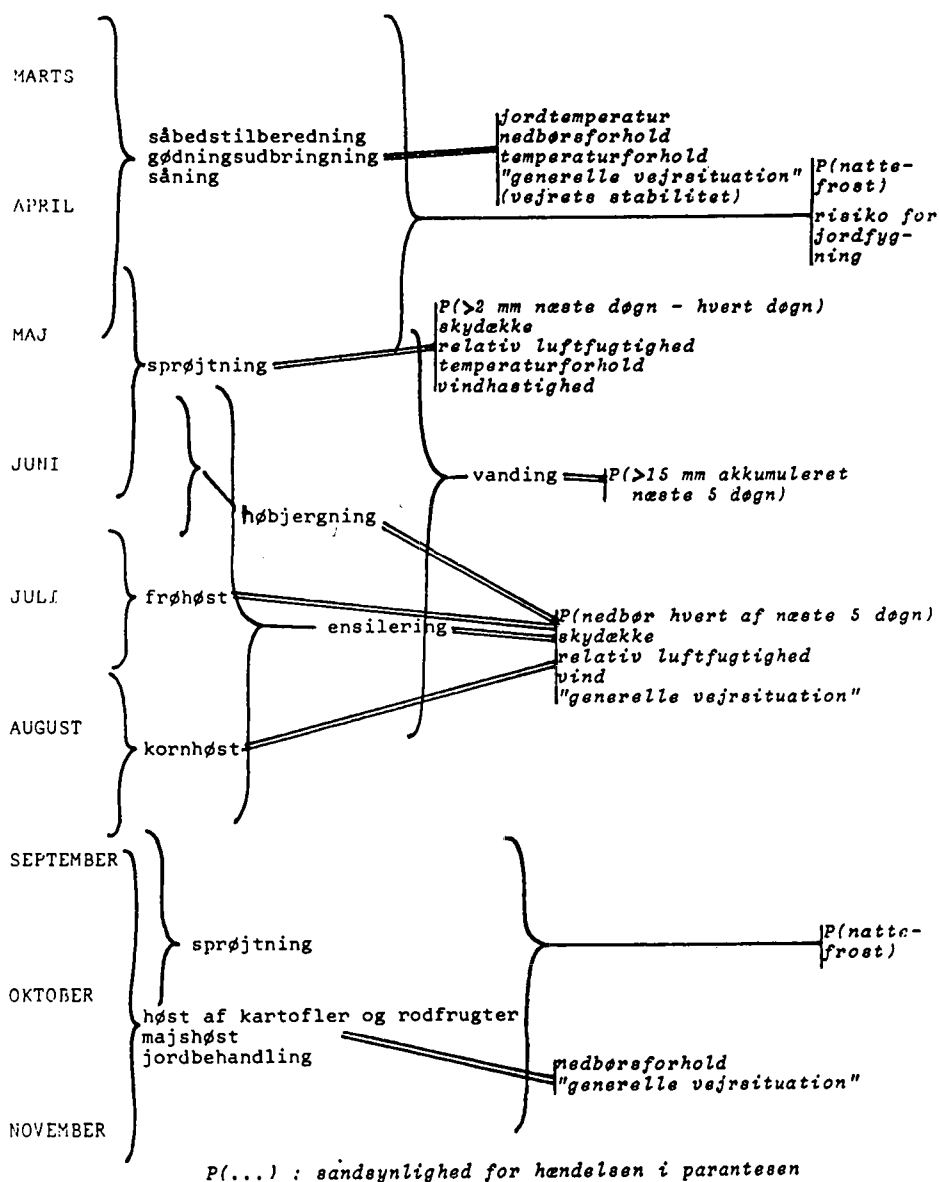


Fig. 15. Arbejdsoperationer og meteorologiske parametre.

Udsigterne indeholder for indeværende og de følgende 4 døgn prognoser for vind, vejr og max/min temperatur. Desuden indeholder de en udsigt for den generelle vejr-situation i perioden umiddelbart der-

efter. Udsigterne er ledsaget af meteorologernes egen vurdering af pålideligheden. Denne kan være "sikker", "ret sikker" eller "usikker".

I fig. 16 er vist uddrag af den telex-transmitterede jordbrugsvejrudsigt onsdag den 14. juli 1982. Som det fremgår af figuren, indeholder udsigterne for hver af landets 4 regioner endvidere kvantitative nedbørsprognoser for hver af de følgende 4 døgn. Desuden er anført registrerede relative luftfugtigheder for det seneste døgn i de 4 regioner samt en bemærkning om evt. ændringer i fugtighedsforholdene.

```
* onsdag den 14. juli kl. 10.00

* korrigeret fem-døgns-udsigt for jordbruget.

* idag : maks.temp. 25 til 30 grader, tørt og solrigt, vind fra
* øst, 7 til 12 m/s.

* torsdag: min.temp. 15 til 20 grader, maks.temp. 25 til 30 grader,
* mulighed for lokale tordenbyger, iøvrigt tørt og solrigt. vind
* fra øst, 7 til 12 m/s.

* fredag: min.temp. 15 til 20 grader, maks.temp. ca. 25 grader,
* ret skyet med regn og tordenbyger nogle steder. vind mellem øst
* og syd 5 til 10 m/s.

* lørdag og søndag: ret rolige vindforhold med regn og tordenbyger
* af og til, men også sol ind imellem, højeste temp. omkring 25
* grader.

* det ser i øjeblikket ud til at vejret i begyndelsen af næste uge
* ven bliver stabilt.

* usikkerhedens: udsigten er nogenlunde sikker.

* nedbør:

* xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
*           i dag   i nat   2.døgn  3.døgn  4.døgn  1.-4. døgn
*           8-20    20-8
* nordl.
* jylland      0        0        3        4        0        7
* sydl.
* jylland      0        0        5        4        4       13
* øerne        0        0        1        3        5        9
* bornholm     0        0        1        2        2        5

* nedbøren ventes at falde meget uensarttet.

* fugtighedsforholdene det sidste døgn
*           i går           sidste nat
* nordlige jylland:  65 til 80      90 til 95
* sydlige jylland:  55 til 70      85 til 90
* øerne:             65 til 75      80 til 90
* bornholm:          75 til 80      90 til 95

* der sker ikke større ændringer i fugtighedsforholdene.
```

Fig. 16. Jordbrugsvejrudsigt udsendt onsdag den 14. juli 1982.

Jordbrugsvejruddsigterne formidles fra Meteorologisk Institut via telex til jordbrugets forsøgs- og rådgivningsvirksomheder samt til Frugt- og Grøntindustrien. Til offentligheden i almindelighed sker formidlingen ved indtaling på telefon-særtjeneste-nummeret 0056.

10.3 Diskussion.

Offentligheden har i 1982 vist jordbrugsvejruddsigterne stor interesse, hvilket de store opkaldstal til 0056 vidner om. Rundspørger til planteavlskonsulenter og til medarbejdere ved Statens Planteavlsvforsøg viser generelt stor tilfredshed med udsigterne i disse kredse. Verifikationer af de kvantitative nedbørsforudsigelser, som er foretaget af Meteorologisk Institut og af Jordbrugsmeteorologi-projektet, viser dog, at disse forudsigelser er behæftet med nogen usikkerhed.

Udsigterne får i 1983 i store træk samme udformning som i 1982. Dog vil der ved angivelsen af de forudsagte nedbørsmængder i 0056-udgaven blive anvendt følgende intervaller: 0 mm, < 2 mm, 2-5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm, 20-40 mm og > 40 mm.

Med de nuværende udsigter er naturligvis langt fra opfyldt alle de ønsker, som er vist i fig. 15. Tilsvarende er der heller ikke opnået den grad af regionalisering af udsigterne, som er ønskelig. Fremover vil samarbejdet med Meteorologisk Institut fortsættes af Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste. Forhåbentlig kan udsigterne stadig forbedres, både med hensyn til deres indhold, regionalisering og sikkerhed. Forbedringen kan bl.a. komme via den stadige udvikling af ECMWF's prognosemodel og via Meteorologisk Instituts egen, lokale bearbejdning af prognoserne fra ECMWF.

11. KONKLUSION

Jordbrugsmeteorologiprojektet har i sin 3-årige levetid 1980-82 gennemført en del undersøgelser og arbejdsopgaver med relation til nært beslægtede fagområder. I dette afsnit skal ikke drages konklusioner angående de enkelte arbejdsopgaver. For sådanne konklusioner henvises til nærværende rapports enkelte afsnit, til Jordbrugsmeteorologi (Mikkelsen, 1981a) og i øvrigt til de publikationer, som er anført i afsnit 14.

Derimod skal her omtales de principper for jordbrugsmeteorologisk arbejde, som gradvist er udviklet i projektperioden, og som vil blive fulgt og videreudviklet af Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste ved Statens Planteavlsforsøg (afsnit 12).

Jordbrugsmeteorologi er en tværfaglig disciplin og kan betragtes som en delmængde af den kvantitative økologi. For jordbrugsmeteorologisk forskning og rådgivning er det derfor essentielt, at den meget benyttede betegnelse "tværfagligt samarbejde" ikke fremstår som en tom floskel, men gives et reelt indhold.

Der skal samarbejdes med meteorologer - både vejrtjeneste-meteorologer og klimatologer. På grund af de mange data, der (ofte automatisk) registreres og analyseres, er samarbejde med fysikere og elektronik-eksperter, EDB-kyndige samt matematikere og statistikere nødvendigt. Disse folks bistand er tillige nødvendig ved modeludvikling og -kontrol.

Udover de meteorologiske størrelser, som Meteorologisk Instituts synoptiske net rutinemæssigt registrerer, behøver jordbrugsmeteorologien yderligere meteorologiske målinger som f.eks. strålingsmålinger. Endvidere behøves kendskab til mikroklimatologi samt til relationerne mellem makro- eller meso-klimaet, som Meteorologisk Instituts observationsnet registrerer, og afgrødernes mikroklima.

Jordbrugsmeteorologiens biologiske aspekt skal dækkes ind ved samarbejde med plantepatologer, plantefysiologer og hydrologer. Endemålet - nyttiggørelsen i det praktiske jordbrug af den øgede viden om meteorologisk-biologiske relationer - skal nås ved tæt samarbejde med jordbrugets planteavlserådgivere.

Biologisk-meteorologiske modeller er udviklet på grundlag af historiske data, som er lagret i databanker. Den teknologiske udvikling indenfor registrering, transmission og lagring af data løber hurtigt. Der er derfor grund til kraftigt at understrege behovet for en koordinering af de mange biologiske og meteorologiske registreringsopgaver, som udføres.

Udviklingen indenfor jordbrugets planteproduktion går i retning af, at flere og flere produktionsfaktorer beherskes. Dette øger planteavlernes afhængighed af en af de faktorer, som er udenfor vor kontrol, nemlig vejret.

Jordbrugerens planlægning af arbejdsoperationer er derfor en planlægning under usikkerhed. I den øjeblikkelige, operationelle planlægning er der behov for rettidig og fyldestgørende meteorologisk information. Derfor bør operationel formidling af jordbrugsmeteorologiens resultater indgå som en integreret del af fagområdet. For jordbrugerens planlægning på længere sigt - det vil sige over flere vækstsæsoner - er det agroklimatisk information, der skal tilvejebringes.

12. JORDBRUGSMETEOROLOGISK TJENESTE.

I overensstemmelse med projektgruppens ansøgning af august 1979 til Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg om midler til Jordbrugsmeteorologiprojektet har projektet været forberedende for etablering af en jordbrugsmeteorologisk tjeneste. Pr. 1. januar 1983 er Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste oprettet som en permanent, selvstændig afdeling ved Statens Planteavlsforsøg.

Tjenesten har indtil videre til huse hos Dataanalytisk Laboratorium, Lyngby, men forventes ultimo 1983 overflyttet til Forsøgssanlæg Foulum.

Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste skal fortsætte og udbygge det arbejde, som er påbegyndt af projektet. I overensstemmelse med bemærkningerne i afsnit 11 om tværfagligt samarbejde skal tjenesten videreudvikle projektets relationer til meteorologer, planteavlsforskere og -rådgivere.

For yderligere beskrivelse af planerne for tjenestens arbejdsopgaver henvises til Mikkelsen (1981a).

Samtidig med oprettelsen af Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste er af Statens Planteavlsudvalg nedsat Jordbrugsmeteorologisk Udvalg. Udvalget består af 1 repræsentant fra hvert af Statens Planteavlsfor-

søgs 4 centre, 1 fra Meteorologisk Institut, 1 fra Landskontoret for Planteavl og 1 fra Dansk Erhvervsgartnerforening. Udvalget har bl.a. til opgave at udstikke retningslinier for Jordbrugsmeteorologisk Tjenestes arbejdsopgaver.

13. LITTERATURLISTE

- Bagdonas, A., Georg, J.C. & Gerber, J.F. (1978): Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection. World Meteorological Organization. Tech. Note No. 157, 160 pp.
- Billing, E. (1980): Fireblight in Kent, England, in relation to weather (1955-1976). Ann. appl. Biol. 95, 341-364.
- Bovien, P. & Stapel, C. (1935): Knopormeangrebet 1934. Tidsskr. Planteavl 40. 599-621.
- Cady, F.B. & Allen, D.M. (1972): Combining Experiments to Predict Future Yield Data. Agron. J. 64, 211-214.
- Cook, R.J. (1977): Effect of timed fungicide sprays on yield of winter wheat in relation to Septoria infection periods. Pl. Path. 26, 30-34.
- Danmarks Statistik (1964): Meteorologiske Forhold. Statistiske undersøgelser nr. 10, 19-37.
- Danmarks Statistik (1962-1980): Statistisk Årbog nr. 67-84.
- Draper, N.R. & Smith, H. (1966): Applied Regression Analysis. John Wiley & Sons. 407 pp.
- Esbjerg, P., Jørgensen, J., Nielsen, J.K., Philipsen, H., Zethner, O. & Øgård, L. (1983): Afsluttende rapport vedrørende forskningsrådenes initiativ "integreret bekæmpelse af skadedyr". Tidsskr. Planteavl, under trykning.
- Grauslund, J. (1982): Temperaturinversion og muligheder for frostbeskyttelse i en frugtplantage. Tidsskr. Planteavl 86, 451-460.
- Gregersen, A. & Knudsen, H. (1980): Vindhastighed, vandbalance og vandingsbehov 1957-78. Tidsskr. Planteavl 84, 111-161.
- Gregersen A. & Knudsen, H. (1981): Normalværdier for vandingsbehov, afstrømning og nettovandbehov ved forsk. rodzonekapacitet. Tidsskr. Planteavls Specialserie nr. S1537, 21 pp.

- Gregersen, A.K. & Olesen, J.E. (1983): Beregnede værdier for sandsynligt merudbytte ved vanding i byg, græs og kartofler. Under udarbejdelse som beretning i Tidsskr. Planteavl's Specialserie.
- Hanks, R.J. & Hill, R.W. (1980): Modelling crop responses to irrigation in relation to soils, climate and salinity. International Irrigation Information Center, Bet Dagan, Israel, 66 pp.
- Hansen, J., Bjerre, H. & Nansen, P. (1982): Plantagefluer medvirkende årsag til sommermastitis. Ugeskrift for Jordbrug 127, 669-670.
- Heger, K. (1973): Abschätzung des Witterungsrisikos auf die Ernte des Getreides mit dem Mähdescher unter Benutzung eines agrometeorologischen Modells. Ber. Ldw. 51, 176-207.
- Helwig, J.T. & Council, K.A. (1979): SAS User's Guide. 1979 Edition. SAS Institute Inc. 494 pp.
- Henderson, S.M. (1952): A basic concept of equilibrium moisture. Agric. Engng. 33: 29-32.
- Holm, S. & Jensen, A. (1974): Varsling for kartoffelskimmel efter prognose. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1142.
- Hyre, R.A., Bonde, R. & Johnson, B. (1959): The relation of rainfall, relative humidity, and temperature to late blight in Maine. Plant Dis. Rep. 43, 51-54.
- Jeger, M.J., Griffiths, E. & Jones, D.G. (1981): Influence of environmental conditions on spore dispersal and infection by *Septoria nodorum*. Ann. appl. Biol. 99, 29-34.
- Johansson, W. (1974): Beräkning av vatteninnehåll och vattenomsättning i odlad jord med ledning av meteorologiska data. Särtryck ur Grundförbättring 1970 och 1973/74, 153 pp.
- Kampen, J.H. van (1969): Optimizing harvesting operations on a large scale grain farm. Wageningen, 174 pp.
- Laursen, B. (1981): Økonomien ved markvanding. Jordbrugsøkonomisk Institut. Rapport nr. 2, 84 pp.

- Mackenzie, D.R. (1981): Scheduling fungicide applications for potato late blight with BLITECAST. *Plant Disease* 65, 394-399.
- Mikkelsen, S.A. (1981a): Jordbrugsmeteorologi. Rapport fra jordbrugsmeteorologiprojektet 1980. Beretning nr. S1538 fra Statens Planteavlsforsøg.
- Mikkelsen, S.A. (1981b): Predicting the date of harvest of vining peas by means of growing-degree-days models. *Acta Hort.* 122, 211-221.
- Mikkelsen, S.A. (1982): Jordbrugsvejrudsigter 1982. *Tolvmandsbladet* 54, 231-232.
- Mikkelsen, S.A. & Esbjerg, P. (1981): The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. *Tidsskr. Planteavl* 85, 291-301.
- Mikkelsen, S.A. & Esbjerg, P. (1983): Linear regression models for the effect of climatic factors on the level of attack by *Agrotis segetum*. *EPP0 Bull.* 13 (2), 193-199.
- Mikkelsen, S.A. & Henriksen, K. (1982): Vejrudsigter specielt for landbruget. *Gartner Tidende* 98, 334.
- Nielsen, B.O., Nielsen, B.M. & Christensen, O. (1971): Bidrag til plantagefluens, *Hydrotaea irritans* Fall., biologi (Diptera, Muscidae). *Ent. Meddr.* 39, 30-44.
- Nielsen, B.O., Nielsen, B.M. & Christensen, O. (1972): Plantagefluens, *Hydrotaea irritans* (Fall.), på græssende kvier (Diptera, Muscidae). *Ent. Meddr.* 40, 151-173.
- Olesen, J.E. & Mikkelsen, S.A. (1983): Description and prediction of night minimum temperature by means of statistical models. *Tidsskr. Planteavl* 87, 97-110.
- Ottosson, L. (1958): Growth and maturity of peas for canning and freezing. *Diss. Uppsala.* 1-112.

- Popp, D. (1975): Untersuchungen in der Börde Lamstedt zur Wirksamkeit handels üblicher Pyogenesvakzine unter Mitbeachtung ökologischer Gegebenheiten. Diss. Hannover, 81 pp.
- Rudemo, M. (1979): Statistik og sandsynlighedslære med biologiske anvendelser. Del 2. Varians- og regressionsanalyse, sampling. København, 202 pp.
- Schrödter, H. & Fehrmann, H. (1971): Ökologische Untersuchungen zur Epidemiologie von *Cercospora herpotrichoides*. Phytopath. Z. 71, 97-112.
- Stapel, C. (1977): Den økonomiske betydning af plantesygdommenes og skadedyrenes bekæmpelse i landbruget. Ugeskr. f. Agron., Hort., Forst. og Lic. 122, 735-746.
- Sørensen, G.H. (1979): Sommermastitis. København, 77 pp.
- Thygesen, T. (1971): Om korrelationen mellem knopormeangreb, lysfældefangster og vejrforhold. Tidsskr. Planteavl 75, 807-815.
- Tougaard Pedersen, T. (1960): Vandindholdets og rumvægtens variation i mejetærskermøden byg og havre. Jordbrugsteknisk Meddelelse nr. 2, Jordbrugsteknisk Institut, København. 81 pp.
- Tyldesley, J.B. & Thompson, N. (1980): Forecasting *Septoria nodorum* on winter wheat in England and Wales. Pl. Path. 29, 9-20.
- Ullrich, J. & Schrödter, H. (1966): Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule und die Möglichkeit seiner Lösung durch einer "Negativ-prognose". Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 18, 33-40.
- Wallin, J.R. (1962): Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. Am. Pot. J. 39, 306-312.
- Zethner, O. & Esbjerg, P. (1978): Cutworm attack in relation to rainfall and temperature during 70 years. Proceedings of the Nordic symposium on climatic changes and related problems. Danish Meteorological Institute, Climatological Papers 4, 103-108.

14. LISTE OVER PUBLIKATIONER UDARBEJDET I TILKNYTNING TIL JORD-
BRUGSMETEOROLOGIPROJEKTET

- Mikkelsen, Søren A. (1981): Jordbrugsmeteorologi. Rapport fra jordbrugsmeteorologiprojektet 1980. Beretning nr. S1538 fra Statens Planteavlsvforsøg.
- Mikkelsen, Søren A. (1981): Jordbrugsmeteorologi: Hvad kan det bruges til? Effektivt Landbrug 12 (9), 24-29.
- Mikkelsen, Søren A. (1981): Jordbrugsmeteorologisk forskning - Eksempler. Ugeskrift for Jordbrug 126, 312-315.
- Mikkelsen, Søren A. (1981): Data-politik. Ugeskrift for Jordbrug 126, 432-436.
- Knudsen, K.H. (1981): Vejrudsigter og jordbrugsmeteorologi. Tolvmandsbladet 53, 347-350.
- Mikkelsen, Søren A. (1981): Predicting the date of harvest of vining peas by means of growing-degree-days models. Acta Horticulturae 122, 211-221.
- Mikkelsen, Søren A. (1981): Jordbrugsmeteorologi. Bilag til Statens Planteavlsmøde 1981, 7-11.
- Mikkelsen, Søren A. & Esbjerg, Peter (1981): The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. Tidsskr. Plan-teavl 85, 291-301.
- Mikkelsen, Søren A. (1982): Jordbrugsmeteorologi og planteproduktion. Landsbladet nr. 1, 20-21.
- Mikkelsen, Søren A. (1982): Statistiske afgrøde-vejr modeller for byg. (Abstract). Nordisk Jordbrugsforskning 64, 85.
- Mikkelsen, Søren A. (1982): Agricultural Meteorology and Computerization of Land Use Data. (Abstract). Contribution to "Workshop on Computerized Land Use Data". ISPRA, Italy, 9-11 March 1982.

- Mikkelsen, Søren A. & Olesen, Jørgen E. (1982): Normaldøgn. "Normale" døgnforløb for årets 36 dekader for lufttemperatur, relativ luftfugtighed og vindhastighed ved Karup og Kastrup. Beretning nr. S 1601 fra Statens Planteavlsvforsøg.
- Mikkelsen, Søren A. (1982): Jordbrugsvejrudsigter 1982. Tolvmandsbladet 54, 231-232.
- Mikkelsen, Søren A. & Henriksen, Kaj (1982): Vejrudsigter specielt for Landbruget. Gartner Tidende 98, 334.
- Esbjerg, Peter & Mikkelsen, Søren A. (1982): Jordbrugsmeteorologi - Plantebeskyttelse. Ugeskrift for Jordbrug 127, 443-446.
- Mikkelsen, Søren A. (1982): Jordbrugsmeteorologi og Planteværn. Nordisk Planteværnskonference, Roskilde, 1-10.
- Olesen, Jørgen E. & Mikkelsen, Søren A. (1983): Description and prediction of night minimum temperature by means statistical methods. Tidsskr. Planteavl 87, 97-110.
- Mikkelsen, S.A. & Esbjerg, P. (1983): Linear Regression Models for the Effect of Climatic Factors on the Level of Attack by Agrotis Segetum. EPPO Bulletin 13 (2), 193-199.
- Mikkelsen, Søren A., Olesen, Jørgen E. & Friis, Ege (1983): Jordbrugsmeteorologi II, Rapport fra jordbrugsmeteorologiprojektet 1981-82. Beretning nr. S1655 fra Statens Planteavlsvforsøg.

Institutter m.v. under Statens Planteavlsvforsøg

Sekretariatet

Statens Planteavlsskontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 50 57
Informationstjenesten, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 53 27
Dataanalytisk Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Sekretariatet for Sortsafprøvning, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Statens Bisygdomsnævn, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 62 00

Landbrugscentret

Statens Forsøgsstation, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	(03) 97 53 10
Statens Biavlsvforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønhave, 6400 Sønderborg	(04) 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Tylstrup, 9380 Vestbjerg	(08) 26 13 99
Statens Forsøgsstation, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Statens Forsøgsstation, Ødum, 8370 Hadsten	(06) 98 92 44
Statens Forsøgsstation, Borris, 6900 Skjern	(07) 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Silstrup, 7700 Thisted	(07) 92 15 88
Statens Forsøgsstation, Askov, 6600 Vejen	(05) 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Lundgård, 6600 Vejen	(05) 36 01 33
Statens Forsøgsstation, 6280 Højer	(04) 74 21 05
Statens Forsøgsstation, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	(04) 64 83 16
Statens Planteavlsv-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Statens Planteavlsv-Laboratorium, Pedersholm, 7100 Vejle	(05) 82 79 33

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årlev	(09) 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årlev	(09) 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årlev	(09) 99 17 66
Institut for Landskabsplanter, Hornum, 9600 Års	(08) 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Institut for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Planteværnsafdelingen på »Godthåb«, Låsbyvej 18, 8660 Skanderborg ...	(06) 52 08 77
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00