

DANSK SKOVFORENINGS TIDSSKRIFT

INDHOLD

Afhandlinger, artikler m.m.:

Paul Christensen: Danske resultater med arsenal (Imazapyr),
et nyt herbicid i skovbruget 103

Flemming Juncker: Luftforurening og ammoniak i skovjord .. 111

DANSK SKOVFORENINGS TIDSKRIFT

ISSN 0011-6475

udkommer årligt med 4 hæfter.

Eftertryk af tidsskriftets artikler uden redaktionens samtykke er ikke tilladt.

Redaktionsudvalg:

Kammerherre *V. Bruun de Neergaard*, Skjoldnæsholm, 4174 Jystrup.
Midtsjælland (formand).

Lektor lic. agro *Jens Dragsted*, Skovbrugsinstituttet, Thorvaldsensvej 57,
1871 Frederiksberg C.

Statsskovrider *Steffen Jørgensen*, Gøddinggaard, 7183 Randbøl.

Forstfuldmægtig *Jens Bjerregård Christensen*, Jægersborg skovdistrikt,
Dyrehaven 6, 2930 Klampenborg.

Forstander *Aa. Marcus Pedersen*, Skovskolen, Nødebo, 3480 Fredensborg.

Direktør *Jens Thomsen*, Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C.

Redaktion:

Søren Fodgaard, (ansvarsh.), *Lene Loving*.

Dansk Skovforenings Sekretariat og Tidsskriftets Redaktion:

Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C. Tlf. 01 24 42 66. Postgiro 9 00 19 64.

Tryk: Scantryk, Skolegade 12 E, 2500 Valby, Tlf. 01 30 06 01.

DANSKE RESULTATER MED ARSENAL (imazapyr), ET NYT HERBICID I SKOVBRUGET

Oxford Class: 236.1

Af PAUL CHRISTENSEN, Skovteknisk Institut

Indledning

Den store danske produktion af juletræer og pyntegrønt er stadig voksende, og eksportmarkederne stiller stadig strengere krav til høj kvalitet. En effektiv bekæmpelse af uønsket ukrudtsopvækst i kulturerne er derfor en nødvendighed.

Traditionelle midler som atrazin, glyphosat og hexazinon er meget udbredte, og lejlighedsvis anvendes også asulam, clopyralid, fluazifop-butyl og propyzamid.

Der udføres et stort forsøgsarbejde for at finde nye midler, der har bedre virkning, er mindre skadelige for kulturtræarterne eller er billigere at udbringe pr. arealenhed.

Dette arbejde har omfattet adskillige afprøvninger af Arsenal, som er en af flere imidazolinoner – en ny familie af herbicider. Den anvendte formulering indeholder 250 g virksomt stof (v.s.) pr. liter.

Forsøgsarbejdet

I 1983 og 84 udførtes indledende forsøg med bredsprøjtning af Arsenal på nordmannsgran (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach.), *nobilis* (*Abies procera* Rehder) og rødgran (*Picea abies* (L.) Karst.).

Arbejdet fortsattes i 1985 og 86 med sprøjtning af samme træarter inden plantning.

I begge tidsrum udførtes desuden afprøvninger af Arsenals effekt på forskellige ukrudtsarter: Gederams (*Chamaenerium angustifolium* (L.) Scop.), hindbær (*Rubus idaeus* L.), hanekro (*Galeopsis* spp.), ær (*Acer pseudoplatanus* L.) og mosebunke (*Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.).

Kulturtræarternes reaktion på behandlingerne blev registreret ved hjælp af højdemålinger og/eller ved et skøn over skadevirkningen efter en skala fra 0-10, hvor 0 = uskadt og 10 = død.

Resultater

I september 1983 blev der anlagt to mindre forsøg med bredsprøjtning af Arsenal på nordmannsgran. Resultaterne i tabel 1 og 2 viser uforholdsmæssigt store skader på træerne ved alle doseringer og forværring af skaderne ved stigende dosering.

I juli 1983 udførtes forsøg med bredsprøjtning af Arsenal på nobilis og rødgran. Resultaterne fremgår af tabel 3 og 4. Begge træarter viste kraftige nåleskader, og året efter sprøjtningen blev der iagttaget dværghuddannelse forårsaget af Arsenal. Det må anses for sandsynligt, at midlet ville have givet uacceptable skader, selv hvis det var blevet udbragt senere på året (i september).

Tabel 1. Skader på nordmannsgran efter bredsprøjtning.

Forsøg nr. G65/83-84 (behandlet 30/9-83)	Skade 0-10; 10 = død 30/8-84
1. Ubehandlet	0,3
2. Arsenal 0,125 kg v.s./ha	3,1***
3. Arsenal 0,250 kg v.s./ha	5,3***
4. Arsenal 0,500 kg v.s./ha	6,8***
5. Glyphosat 1,44 kg v.s./ha	0,4
LSD ₉₅	0,9

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
** = over 99%
*** = over 99,9%

Tabel 2. Skader på nordmannsgran efter bredsprøjtning.

Forsøg nr. G66/83-84 (behandlet 29/9-83)	Antal planter	Skade 0-10; 10 = død		
		29/9-83	28/10-83	30/8-84
1. Ubehandlet	19	0,7	0,8	0
2. Arsenal 0,25 kg v.s./ha	18	0,8	0,9	1,3
3. Arsenal 0,50 kg v.s./ha	20	0,4	0,4	5,0***
4. Glyphosat 1,44 kg v.s./ha	21	0,4	0,4	0,3

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
** = over 99%
*** = over 99,9%

Tabel 3. Træhøjde og skader på nobilis efter bredsprøjtning.

Forsøg nr. TOL8a/83-84 (behandlet 7/7-83)	kg v.s. /ha	Antal plan- ter	Højde, cm			Højdetilvækst, cm korrigeret ef- ter starthøjde		Skade 0-10; 10 = død	
			forår	eft. 83	eft. 84	83	84	6/10- 83	6/9- 84
1. Ubehandlet		24	34	45	60	12	14	0,4	0,5
2. Arsenal	0,25	4	34	47	50	12	3**	2,0*	8,3***
3. Arsenal	0,50	16	30	42	43*	12	2***	2,2***	8,1***
4. Hexazinon	0,50	14	31	43	57	13	15	6,5***	3,3***
5. Hexazinon	1,00	6	29	37	42	9	6*	7,7***	3,7***

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
 ** = over 99%
 *** = over 99,9%

Tabel 4. Træhøjde og skader på rødgran efter bredsprøjtning.

Forsøg nr. TOL7a/83-84 (behandlet 7/7-83)	kg v.s. /ha	Antal plan- ter	Højde, cm			Højdetilvækst, cm korrigeret ef- ter starthøjde		Skade 0-10; 10 = død	
			forår	eft. 83	eft. 84	83	84	6/10- 83	6/9- 84
1. Ubehandlet		44	67	93	118	27	27	0	0,9
2. Arsenal	0,25	11	72	101	102	29	1***	3,8***	5,8***
3. Arsenal	0,50	16	66	90	93**	24	2***	3,4***	6,3***
4. Hexazinon	0,50	16	57	84	119	28	36***	1,5**	1,5
5. Hexazinon	1,00	19	74	102	136*	27	33**	3,2***	1,5

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
 ** = over 99%
 *** = over 99,9%

De nedslående resultater af bredsprøjtning i allerede etablerede kulturer, og inspiration fra norske undersøgelser, førte til forsøg med sprøjtning før plantning.

To forsøgsarealer sprøjtet i august 1985 blev tilplantet i april 1986, det ene med nordmannsgran/rødgran, det andet med nobilis/rødgran. Både nordmannsgran- og nobilis-planterne var noget svedet af vinterfrost før plantning, så den registrerede nålemisfarvning havde intet at gøre med sprøjtningen.

Tabel 5 viser resultaterne for nordmannsgran; her er det kun den højeste dosering, som synes at have gjort en smule skade. Tabel 6 og 7 viser resultaterne for nobilis og rødgran. Nobilis synes uskadt, mens rødgran endda har det bedre, idet nålefarven er blevet signifikant sundere efter behandlingerne med Arsenal.

Tabel 5. Skader på nordmannsgran plantet efter sprøjtning.

Forsøg nr. TOL12/85-86 (sprøjtning 16/8-85, plantning 17/4-86)	Antal planter	Skade 0-10; 10 = død 5/9-86
1. Ubehandlet	51	3,1
2. Arsenal 0,075 kg v.s./ha	51	3,3
3. Arsenal 0,150 kg v.s./ha	50	3,1
4. Arsenal 0,300 kg v.s./ha	51	3,5
5. Arsenal 0,600 kg v.s./ha	51	4,2**
6. Glyphosat 1,440 kg v.s./ha	48	3,7
LSD ₉₅	-	0,80

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%

** = over 99%

*** = over 99,9%

Tabel 6. Skader på nobilis plantet efter sprøjtning.

Forsøg nr. TOL13/85-86 (sprøjtning 15/8-85, plantning 24/4-86)	Antal planter	Skade 0-10; 10 = død 5/9-86
1. Ubehandlet	43	5,0
2. Arsenal 0,075 kg v.s./ha	49	5,0
3. Arsenal 0,150 kg v.s./ha	44	4,9
4. Arsenal 0,300 kg v.s./ha	45	5,4
5. Arsenal 0,600 kg v.s./ha	45	5,3
6. Glyphosat 1,440 kg v.s./ha	50	4,4
LSD ₉₅	-	1,08

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%

** = over 99%

*** = over 99,9%

Tabel 7. Skader på rødgran plantet efter sprøjtning. Gennemsnit af 2 forsøg.

Forsøg nr. TOL14/85-86 (sprøjtning 15-16/8-85, plantning 24-28/4-86)	Antal planter	Skade 0-10; 10 = død 5/9-86
1. Ubehandlet	89	2,0
2. Arsenal 0,075 kg v.s./ha	88	1,7
3. Arsenal 0,150 kg v.s./ha	87	1,6*
4. Arsenal 0,300 kg v.s./ha	91	1,4***
5. Arsenal 0,600 kg v.s./ha	89	1,5*
6. Glyphosat 1,440 kg v.s./ha	86	1,8
LSD ₉₅	-	0,41

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%

** = over 99%

*** = over 99,9%

Tabel 8. Biologisk effekt af Arsenal på gederams og hindbær.

Forsøg nr. G65/83-84 (be- handlet 30/9-83)	kg v.s. /ha	Dækningsgrad (% af arealet)								
		Før behandling			Ved tilsyn 28/10-83			Ved tilsyn 30/8-84		
		gede- rams	hind- bær	total	gede- rams	hind- bær	total	gede- rams	hind- bær	total
1. Ubehandlet		30	25	55	11	17	28	43	22	65
2. Arsenal	0,125	17	25	42	3	13	16	1*	6	7**
3. Arsenal	0,250	15	23	38	3*	17	19	0*	12	12*
4. Arsenal	0,500	33	8	42	7	6	13	0*	1*	1**
5. Glyphosat	1,440	32	8	40	8	3	11	31	3	34

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
 ** = over 99%
 *** = over 99,9%

Tabel 9. Biologisk effekt af Arsenal på hanekro og ær.

Forsøg nr. TOL13/85-86 (behandlet 15/8-85)	kg v.s. /ha	Dækningsgrad (% af arealet)							
		Før behandling		Ved tilsyn 1/10-85		Ved tilsyn 24/4-86		Ved tilsyn 5/9-86	
		hane- kro	ær	hane- kro	ær	hane- kro	ær	hane- kro	ær
1. Ubehandlet		40	8	0	7	2	1	18	15
2. Arsenal	0,075	32	6	0	6	0*	0	3	3**
3. Arsenal	0,150	55	3	0	3	1	0	7	2**
4. Arsenal	0,300	30	11	0	10	0*	0	0	3**
5. Arsenal	0,600	35	11	0	9	1*	0	0	0**
6. Glyphosat	1,440	43	5	0	5	1	0	17	0**

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
 ** = over 99%
 *** = over 99,9%

Tabel 10. Biologisk effekt af Arsenal på mosebunke.

Forsøg nr. TOL12/85-86 (behandlet 16/8-85)	kg v.s. /ha	Procent af areal dækket af mosebunke				Virkning 0-10; 10 = død
		Før behandl.	Ved tilsyn 1/10-85	Ved tilsyn 24/4-86	Ved tilsyn 5/9-86	
1. Ubehandlet		13	13	3	32	0
2. Arsenal	0,075	19	13	1	22	1,3
3. Arsenal	0,150	24	13	0*	8*	2,7*
4. Arsenal	0,300	22	14	0*	3*	3,0*
5. Arsenal	0,600	16	6	0*	3*	4,3**
6. Glyphosat	1,440	15	5	1	32	5,7

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
 ** = over 99%
 *** = over 99,9%

Tabel II. Biologisk effekt på ær af pensling af stødfladen med tre forskellige koncentrationer af Arsenal.

Forsøg nr. TOL26/84-87 (behandlet 20/12-84)	Antal levende skud pr. stød (korrigeret efter snitdiameter)			Virkning 0- 10; 10 = død		% levende stød		
	10/10 1985	6/11 1986	9/10 1987	10/10 1985	9/10 1987	10/10 1985	6/11 1986	9/10 1987
Ved tilsyn								
1. Ubehandlet (nedskåret)	6,2	6,1	4,6	1,3	0	100	100	100
2. Arsenal 0,5% halvt dækket	2,6	2,5*	1,8*	7,0***	3,7*	50	50	70
3. Arsenal 0,5% helt dækket	3,4	5,0	2,4*	7,5***	3,3*	80	80	70
4. Arsenal 1,0% halvt dækket	1,0**	4,5	1,5**	7,8***	6,0***	40	80	40
5. Arsenal 1,0% helt dækket	4,2	6,4	4,3	7,9***	3,0	30	80	70
6. Arsenal 2,0% halvt dækket	2,5	4,3	1,8*	9,8***	8,5***	20	60	20
7. Arsenal 2,0% helt dækket	0**	0,9**	0,4***	10,0***	8,9***	0	22	11

Sikkerhed for forskel fra ubehandlet: * = over 95%
 ** = over 99%
 *** = over 99,9%

I september 1983 anlagdes et forsøg med bekæmpelse af gederams og hindbær. Resultaterne er vist i tabel 8. Begge arter blev bekæmpet meget effektivt med så lidt som 0,125 kg v.s./ha Arsenal.

I august 1985 anlagdes to forsøg med bekæmpelse af hanekro, ær og mosebunke. Resultaterne fremgår af tabel 9 og 10. Alle 3 arter blev meget effektivt bekæmpet af Arsenal. Virkningen synes at bedres med stigende dosering.

Der er udført mange forsøg med stødbehandling af forskellige løvtræarter samtidig med nedskæring. Et af de midler, der har været anvendt til stødbehandlingen, er Arsenal. Tabel 11 viser resultaterne af nedskæring af ær med samtidig pensling med Arsenal. Koncentrationerne er anført i procent virksomt stof.

Ved alle anvendte koncentrationer blev antallet af stødskud effektivt reduceret. Arsens effekt var dog ikke helt tilfredsstillende før ved 2% v.s., hvor effekten så til gengæld varer i mindst 3 år.

Konklusion og diskussion

Arsenal synes at have en meget kraftig og varig virkning på alle de græsser og tokimbladede ukrudtsarter, det er afprøvet på. I særdeles

hed opnås effektiv bekæmpelse af selvsået løvtræopvækst, som det kan være vanskeligt at få has på med andre midler. Der var udmærket virkning på ær efter bredsprøjtning, og lignende effekt blev iagttaget på ask (*Fraxinus excelsior* L.) og stødskud af rødeg (*Quercus borealis* Michx.).

Karakteristisk for Arsenal-sprøjtede kulturarealer er indvandring af brandbæger (*Senecio vulgaris* L.) og canadisk bakkestjerne (*Erigeron canadensis* L.). De to arter synes at være resistente over for Arsenal, måske på grund af deres overfladiske rodsystem. Men de synes ikke at skade kulturtræerne; de yder en vis lævirkning og kan således ligefrem have en gavnlig virkning.

De danske erfaringer med virkningen af Arsenal er bekræftet af forsøgsresultater fra andre lande.

I USA er lignende god effekt iagttaget på flere forskellige vanskeligt bekæmpbare arter såsom visse *Acer*-arter (*Acer* spp.) (Gjerstad 1985). VanCantfort (1985) fandt god tolerance hos gran (*Picea* spp.) og endda lærk (*Larix* spp.) ved sprøjtning af arealet før plantning.

I Norge er de gunstige danske erfaringer bekræftet af Lund-Höie (1985), som fandt god tolerance hos rødgran ved sprøjtning af arealet i efteråret med doseringer op til 3,2 kg v.s./ha og plantning det efterfølgende forår. Ved bredsprøjtning blev nåletræerne signifikant skadet. Stødbehandling med Arsenal gav fortrinlig bekæmpelse af birk, asp (*Populus* spp.) og andre løvtræarter med så lille dosis som 0,25% v.s.

Conclusion and discussion

Arsenal seems to have a very strong and lasting effect on all the grasses and dicotyledonous weed species on which it was tried. In particular self-sown deciduous wildlings, which may be difficult to control with other herbicides, are efficiently controlled. The effect on sycamore after broadcast spraying was excellent, and similar effect was observed for ash (*Fraxinus excelsior* L.) and red oak sprouts (*Quercus borealis* Michx.).

A characteristic feature of Arsenal sprayed culture sites is immigration of *Senecio vulgaris* L. and *Erigeron canadensis* L. The two species seem to be resistant to Arsenal, perhaps due to their superficial root systems. However, they are not considered as being competitive weeds; in fact they provide some shelter to the young trees and may thus have a favourable effect.

The experience gained in Denmark on the effect of Arsenal was confirmed by test results obtained in various other countries.

In the U.S.A. a similar good effect was observed on various species which are difficult to control such as certain maples (*Acer* spp.) (Gjerstad 1985). VanCantfort (1985) found good tolerance with spruce (*Picea* spp.) and even larch (*Larix* spp.) when the site was sprayed before planting.

In Norway the favourable Danish experience was confirmed by Lund-Höie (1985). He found good tolerance with Norway spruce when the site was sprayed in the fall and

planted in the spring using dosages up to 3.2. kg a.e./ha. Over top spraying gave significant injury on conifers. Stump treatment with Arsenal gave excellent control of birch, aspen (*Populus* spp.) and other hardwoods with as little as 0.25% a.e.

Litteratur

- Christensen, Paul* (1985a). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg G65. Bekæmpelse af vanskelige ukrudsarter i nordmannsgran på Skjoldenæsholm skovdistrikt. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1985-01-30, 11 sider.
- Christensen, Paul* (1985b). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg G66. Bekæmpelse af canadisk bakkestjerne i nordmannsgran på Humleore skovdistrikt. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1985-01-28, 9 sider.
- Christensen, Paul* (1985c). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg TOL7a. Sommersprøjtning i rødgran på Gavnø skovdistrikt *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1985-02-01, 11 sider.
- Christensen, Paul* (1985d). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg TOL8a. Sommersprøjtning i nobilis på Gavnø skovdistrikt. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1985-02-07, 13 sider.
- Christensen, Paul* (1987a). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg TOL12. Afprøvning af Arsenal på nordmannsgran på Lundbygård skovdistrikt. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1987-11-10, 10 sider.
- Christensen, Paul* (1987b). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg TOL13. Afprøvning af Arsenal på nobilis på Lundbygård skovdistrikt. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1987-11-11, 10 sider.
- Christensen, Paul* (1987c). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg TOL14. Afprøvning af Arsenal på rødgran på Lundbygård skovdistrikt. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1987-11-13, 9 sider.
- Christensen, Paul* (1987d). Afsluttende rapport over kemikalieforsøg T26. Stødbehandling af ær med Herbatox M500 ES og Arsenal på Esrum skovdistrikt. En NSR rapport. *Skovteknisk Institut*. Stencil nr. 1987-11-20, 8 sider.
- Gjerstad, Dean H.* (1985). Presentation of results from United States (Southeast). In: Abstracts from Arsenal Herbicide International Forestry Symposium. *American Cyanamid Company*, Princeton, N.J. Stencil, 6 sider.
- Lund-Höie, Kåre* (1985). Presentation of results from Norway. In: Abstracts from Arsenal Herbicide International Forestry Symposium. *American Cyanamid Company*, Princeton, N.J. Stencil, 6 sider.
- Vancantfort, Anne M.* (1985). Presentation of results from United States. In: Abstracts from Arsenal Herbicide International Forestry Symposium. *American Cyanamid Company*, Princeton, N.J. Stencil, 6 sider.

LUFTFORURENING OG AMMONIAK I SKOVJORD

Oxford Class: 114.261 & 114.25 & 425.1.

Af FLEMMING JUNCKER

Luftforureningens indflydelse på de danske skove, hed et symposium, som hellere burde have heddet »De danske skoves gode sundhedstilstand«, som var det egentlige emne, idet en lang række yngre biologer har fremsat stærkt opreklamerede teorier om tyske og skandinaviske skoves formentlige mere eller mindre dødelige skader efter konstateringer af betydelige luftforureninger, især af svovl, kvælstofoxyder, *ammoniak* og ozon. Man ved for lidt om alle områderne og bygger subjektive modeller, der skal anvendes til videre forskning i håb om at finde sandheden.

Symposiet blev afholdt med indlæg fra et antal indbudte forskere på området ved forskerseminaret i Videnskabernes Selskabs lokale den 30. november 1987 i samarbejde med Naturfredningsrådet og Landhusholdningsrådets Akademiråd om emnet.¹⁾

Der blev knyttet et eksternt panel til seminaret, bestående af en norsk, en svensk, en dansk og en danskfødt tysk professor fra Göttingen, hvorfra de tyske skovdødsteorier udgik (!) først i firserne til Nordvesteuropa og USA. Alle naturlige krav til en fri videnskabelig debat måtte således anses for opfyldte, men alt syntes alligevel præget af en politisk opportunistik og var langt fra at være objektiv videnskab.

Skovjordens surhed er mindre i dag

Mange i Tyskland har accepteret skovdødsteoriene, men kun få praktiske erfarne førstmænd i de skandinaviske lande og kun ret få skovkyndige i England og USA har købt dem. Man har bl.a. i USA konstateret, at skovjordernes fra luften stammende surhed oftest er *helt ubetydelig* sammenlignet med skovjordens totale *organiske* surhedsmængde. Denne surhed er dannet af det organiske affald i over-

Manuskriptet modtaget i april 1988. Red.

¹⁾ Symposiet er nærmere omtalt i en publikation: »Luftforureningens indflydelse på de danske skove«. 139 sider. Udg. af Skov- og Naturstyrelsen 1988.

ISBN 87-503-7109-6. Pris 35 kr. gennem Statens Informationstjeneste.

jorden, *mulden*, som normalt har ca. 2%, evt. mere humus iblandet mineraljorden, og den indeholder normalt godt 5% ammoniumkvælstof neutraliseret med organiske syrer til ca. pH 5,5 og med et kulstof/kvælstofforhold på 10 à 11.

Så meget mere synes påstanden om den stadigt voksende surhed (?) i Tyskland og Skandinavien at have taget overhånd blandt såkaldte urbanbiologer med akademisk uddannelse og følges af mange andre akademikere samt politikere, som naturligt oftest mangler kombinationen af specialviden med naturvidenskabelig erfaring, men føler så meget des mere for vore skoves velfærd.

På skovjordens område findes der en meget betydelig klassisk skandinavisk litteratur, som i dag synes ret lidt læst eller husket, og så blandt yngre forstmænd her i landet, hvor vi siden århundredets begyndelse hårdt har savnet en speciel læretol i skovjordbundslæren.

Det er vist almindeligt blandt yngre biologer, at de for ofte mangler såvel almen historisk viden fra før første verdenskrig og ofte også mangler almen videnskabelig belæsthed fra før ca. 1960, fra før den computerregistrerede og dermed autoriserede viden. Yngre forskere med manglende historisk viden vil ofte helt naturligt mangle respekt for og kendskab til for meget af det, der gik forud.

Svenskeren Santé Mattsson, der hjemkaldt fra USA sidst i trediveerne, særlig klarlagde skovjordens organiske stofskifte, påvirket af kvælstoffets hensigtsmæssige vekslen mellem sur, basisk og neutral tilstandsform, advarede imod at bruge nitrat-kvælstof i agerjorden fremfor ammoniumkvælstof, hvorved man berøver agerjorden ammoniakkvælstoffets livsvigtige rolle i jordbundens kemiske omsætning.

Fordi mange af Mattssons arbejder, publiceret under krigen, synes internationalt at være ret ukendte, har det været muligt for mange videnskabsmænd helt at misforstå eller overse ammoniakkvælstoffets afgørende positive rolle i jordbundskemien og derfor at acceptere de nyere forsurelsteorier, som jeg har prøvet at imødegå bl.a. i min bog »Humus« (Gyldendal, 1985) og i min seneste artikel i »Landøkonomisk Tidsskrift«, nr. 1 i 1988.

De danske skove var omkring 1880 – som af P.E. Müller beskrevet – overvejende præget af sur morbund (råhumus) på de ringere jorder. Profilen var oftest en Podsol – en udvaskningsprofil, præget af en sur mortilstand med et oftest ret tyndt mor- (eller organisk struktureret affalds)lag med surheder på lidt over eller under pH 4. Dette morlag gav i mere fremskreden form opkomst til et udvasket bleg-

sandslag underlagt med en oftest mørkfarvet jern-udfældningshorisont, ahl, under hvilken de nærmest underliggende jordlag var ret normale, ligesom den dybereliggende naturlige undergrund.

Podsolhorisonten var udvasket fra det sure humuslag, der oftest lå oppe på et kulstof/kvælstof (C/N) forhold på 20 à 30, evt. højere og *dermed* var stærkt surt, præget af organiske syrer og *umættet* med den basisk-reagerende kvælstofform ammonium og derfor oftest i en tilstand af stærk »ammoniakhunger« – der alment fortolkes som »kalktrang«.

De danske løvskove og en stor del af vore granskove har nu en forbedret jordbundstilstand ofte med en pH omkring 5,5. Ændringen fra tidligere tiders mere dominerende surhed omkring pH 4, der nu ofte gradvist er forsvundet i størstedelen af vore skovjorder gennem de sidste 100 år, hvor den tidligere udpining af landbrug, græsning og grøftkanter samt kvassankning gradvist er ophørt, er nu *umiskendelig* overalt i vort landskab – ikke mindst i Jylland.

De mest iøjnefaldende af de heraf afledede synlige ændringer ved vort lands naturlige frugtbargørelse, er løvtræernes højder og fylde omkring Vestjyllands gårde og huse – sammenlign blot med de gamle landskabsmalerier og fotografier i tusindvis, hvis man ikke tror på de ældres udsagn.

Man undres, når man i dag ser de dygtige unge menneskers indlæg fra det nævnte af Skovstyrelsen i Videnskabernes Selskabs lokaler den 30. november 1987 afholdte forskerseminar om de danske skove. Seminaret handler næsten *ensrettet* om de formodede årsager til danske skoves antagelig *nu* truende forfald og frygten for den nu voksende luftforurening og forsuring med deraf følgende aluminiumforgiftning – hvor det i dag klart for alle i praksis at skovene går den modsatte vej, ikke mindst synligt i de jyske vejgrøfter og heder. C/N forholdet er faldet fra 20 à 30 til 10 à 12 ved øget ammoniaktilførsel, især gennem den sidste menneskealder.

Hvis man endnu ikke har sammenholdt og bearbejdet en større del af det formentlig enorme historiske materiale, tal og beskrivelser fra Statsskovvæsenets (nu Skov- og Naturstyrelsens) arkiver, der er opsamlet gennem netop de 2 hundredår, i hvilke den danske stats skove er undergået en rent ud sagt fantastisk forbedring ud fra deres daværende tilstand, burde man nu holde op at spille tid og penge og andres respekt på at forlange udredet indbildte »truende« og visionære farer for vore skove. Disse farer er for den altovervejende del baserede på tilsyneladende overdrivelser og ofte frie fantasier – overflødige bekymringer – hvor det i stedet var mere naturligt at udfor-

ske og studere naturens *nu* konstaterede evne til at korrigere og forbedre sin situation, blot vi giver den en hjælpende hånd, som vi hypotigt gjorde det indtil for 25 år tilbage og vel også siden, mindre bevidst.

Statsskovenes i fjor alt for tidligt afdøde skovtaksator K.F. Andersen – en af dansk skovbrugs betydeligste mænd – har ved flere lejligheder fremdraget spredte oplysninger fra Statsskovenes arkiver, der har givet os forbavsende bekræftelser på vore anelser om, at vore skove i dag var enormt forbedrede sammenlignet med for 100 à 200 år siden.

Hvor længe skal mon tid- og pengenød og modsatrettede interesser fra højere steder fortsat hindre mobilisering og studium af vor arkiverede viden om det, som nu i stedet søges etableret på anden måde ved dyr og ineffektiv forskning på usikkert teoretisk grundlag, ofte i strid med sund fornuft og eksisterende erfaringer. Computrens advent har næppe hjulpet på »arkivbunkernes« produktive udnyttelsesmuligheder – tværtimod – der synes opbygget en slags mur – i nittenhundredetresserne mellem vor fortids og fremtids viden.

Måske er vor civilisation nu begyndt at miste sine erfaringer med naturen. Moderne forsknings bagside synes at være den, at »målrettet forskning« i dag ofte kan betyde, at der udkastes en *skadelig* teori, man indrømmer, at det ikke er *bevist*, at den er rigtig, men *hvis* den er det, er den *meget* ødelæggende. For at afgøre, om dette er tilfældet, må der så i tide forskes stort og dyrt og den, der fremsatte teorien, er nærmest til at udforske den og beskæftiges derved.

Forskerseminaret i 1987

Læser man forskerseminarets udtalelser igennem og klassificerer dem efter, om de hjælper, eller om de er uden større betydning for, eller om de blot forvirrer vore skoves ansvarlige lederes forståelse og udsyn om skovjordbunden i dag, ser vi, at 22 indlæg af ialt 33 af seminarets emner er så irrelevante for flertallet af vore skoves tilstand i dag, at de kan ventes at efterlade skovenes ledere mere forvirrede, end et korrekt og grundigt arkivstudium ville have kunnet hjælpe dem.

Indlægget på s. 21 i rapporten (se fodnote på 1. side) har en vis interesse ved at vise skovkanter, hvor det evt. kan bevises, hvor mange gange mere deposition, der kan tåles i skoven uden generel skade! Skovbrynene er jo stadigt som regel sunde og smukke, bortset fra rødgran, som allerede Dalgas i 1866 anså som uegnet i Vestjyllands blæst.

Indlægget s. 24 er bemærkelsesværdigt ved helt at have misforstået skov- og landbrugets livsnødvendige relation til ammoniumkvælstoffet ved at prædike en ammoniumstress-*hypotese*, »der nu udgør en *hovedhypotese* om sammenhæng mellem skovdød og luftforurening«, som støttet fra Sverige af en lektor Nihlgaard og af hollandske misforståelser om ensidige fænomener der må forekomme helt forvirrende i store dele af verden iøvrigt.

På s. 35 findes det eneste indlæg, der synes at have fat i det helt rigtige, *den dynamiske forbedring af skovjorden efter udpiningens ophør*. Indlægget beskriver brunjord under eg, som formodes at være udviklet fra lyngens tidligere podsol. Hvis blot man gik videre og fik med, at også under granskov kan brunjorden med jævnt øget lystilgang, bredbladet bundvegetation og efterladelse af kvas let bringes tilbage hurtigt, mens det går noget langsommere under lyng – der dog nu gradvist overalt kan ses at afløses af Bølget Bunke og siden af bredbladede græsser og løvtræ på brunjord – var det en helt rigtig tankeudvikling.

På s. 55 understreges det med rette som meget vigtigt, at etableringen af indsamlingssystemer af prøver er *nondestruktive* overfor det system, der skal undersøges; der er ofte syndet herimod.

I indlægget s. 73 afsløres en meget vidende plantefysiolog, der blot af lutter omsorg og blødende hjerte helt har misforstået alt det med skovene.

Til indlægget s. 79 kan siges: mykhorriser bør studeres nøje, men bør næppe beskyldes for at være *nødvendige*, tværtimod er de vist blot *en naturlig nødhjælp* til at stjæle N og P (og måske andre kationer) til værtsplanterne fra det organiske sure affald ved lave pH-værdier, vist under 5 ned til 4, hvor affaldsomsætningen ellers ville beslaglægge al den frigjorte ammoniak. Mykhorriserne må forventes at kunne udtrække lavere organiske kvælstofforbindelser af affaldet, før de er helt mineraliserede til ammoniak.

I indlægget på s. 82 synes teori 2) at være den bedste, men nok med usikkerhed i fordelingen af rollerne mellem årsag og virkning. Ikke kvælstof, men *kvælstofmangel* er snarest årsag til træernes brug af mykhorriser og følgende svind af ægte rødder. Den bedste trævækst sker vist uden mykhorriser ved pH omkring 5,5 eller mere i god muld med flest normale rødder og rodhår, som synes obligate for ernæringen af ask, elm, ahorn, hylde m.m. Men også bøg, eg, gran m.fl. træarter gror bedre med færre mykhorriser på *god* muld uden græs.

De 4 indlæg på siderne 30, 31, 69 og 72 er leveret meget kort af en

jordbundsforsker, der har givet disse korrekte korte og kendte svar på det, han er blevet spurgt om.

Jeg har ikke fået at vide, hvorfor han slet ikke har udtalt sig om skovjord, som er hans egentlige speciale. Det havde været tiltrængt. Bortset fra indlæg s. 35 omtales vor typiske *dominerende og sunde* skovmuld ellers slet ikke! Man synes at have koncentreret spekulationerne om med flid fundne relikter fra de af P.E. Müller ca. 1880 beskrevne sure mordannelser og at have undgået vore nu mere *normale* brunjorder karakteriseret bl.a. ved ahornens voksende selvsåningsudbredelse i vore *sunde* skove.

I de danske heder måtte man i forrige århundrede og langt ind i dette oftest plante rødgran i blanding med bjergfyr – et nu oftest foragtet træ – for at de indenfor en rimelig årrække kunne komme i gang med en rimelig højdevækst. Indtil dette skete, stod de oftest en årrække i stampe, hvis plantet alene i lyngen – helt gule – næsten uden højdevækst i mange år. Først når lyngen udkonkurreredes, kom væksten i gang.

Den kunne også kvæles ved halmdækning, hvorefter granerne straks voksede normalt, fordi de ikke mere skulle konkurrere med lyngens mykhorriser. Nu ses de gule rødgraner i stampe næsten aldrig mere.

Ammoniaks store betydning for skovjorden

Da direkte gødskning med flydende ammoniak blev indført her i landet ved udgangen af halvtredserne, viste det sig hurtigt, at ammoniakken »ligesom varmede« jorden, og at landmænd bl.a. i Vendsyssel endog fandt på mod konsulenteres råd at opdyrke hedelodder med pH ca. 4,5 alene med ammoniak uden at give kalk, men med godt resultat (mundtlig meddelelse fra landskonsulent i planteavl, Kaj Skriver.)

Jeg opfattede dengang efter Mattsson den meget omtalte kalkmangel (pH < 6) som mere naturligt at være mangel på ammoniumkvælstof eller evt. mangel på humus i sværere lerjorder. Jeg talte for, at Danmarks landbrug burde reducere sit kalkforbrug og acceptere pH-niveauet som bufret til omkring 5,5, hvor kalkudvaskningen opførte på velmuldede jorder, hvis man blot erstattede den med ammoniumkvælstof i større mængder i stedet for kalksalpeteren, hvis kvælstof var for dyrt, langt over det dobbelte af ammoniakprisen dengang, og ammoniakkvælstoffet virkede bedre i jorden.

Ammoniumnitrat (med kalksikring mod eksplosionsfare og med

over 50% af kvælstoffet i ammoniumform) vandt indpas, det var billigere og bedre, mens urea, som er den mest brugte og oftest den billigste faste kvælstofgødning ude i verden og er rent dehydreret ammoniumkarbonat, formentes at være uøkonomisk at bruge her i landet p.g.a. dens ret store tab til luften ved vort normalt høje pH 6 til 7 eller derover i vor agerjord.

Ved undladelse af kalkning af vore muldjorder, vil pH i velgødet jord normalt kun falde til ca. pH 5,5, hvor kalkens opløselighed og dermed udvaskningstab ophører (Åslander). Forsøg, der i gammel tid viste, at et højt pH var nødvendigt for at nå en maximal avl, udførtes ved ensidig brug af kalkning og kalksalpeter, altså oftest med en da latent ammoniakhungere i jorden. Dette er dog endnu ikke ubetinget anerkendt og forstået i størstedelen af dansk eller svensk landbrugskemi.

Ammoniak-forsuringsteoriene begyndte vist kort efter 1960, da den flydende ammoniak var gået sin sejrsgang i USA og rundt i den vestlige verden. En menighed fandt i USAs midtvesten ud af, at brugen af fl. ammoniak truede med at forsure hele verden til ufrugtbarhed, fordi ammoniakken jo først skulle oxyderes til salpetersyre, før planterne kunne udnytte den.

Dette formentes at være almenviden, som alle jo måtte kende! Det var dog blot en nedarvet misforståelse, der gik igen fra lærebog til lærebog, og som bl.a. dominerede især i Holland, hvor mange naturligt da talte nedsættende om Danmarks »tåbelige« overgang til den billigere og bedre kvælstofform: flydende ammoniak. Et ammoniakfjendtligt kompleks har måske luret i Holland, indtil det i januar 1971 brød ud i lys lue i USA ved '68-generationens reaktion mod Indiens »grønne revolution«, der da var blevet verdenskendt og stred mod ressourcemangelteoriernes troværdighed!

Kaj Skriver meddelte mig en gang først i halvfjerdsene, at landboforeningernes forsøgsvirksomhed havde kontrolleret min en halv snes år tidligere fremsatte påstand om, at planterne lige så godt og *uden forsuring* optog ammoniumkvælstof som nitratkvælstof, og at man *ikke* i forsøget havde fundet kendelige tegn på forsuring af jorden som bivirkning af overgang fra kalksalpeter til ammoniak. Ammoniumkvælstof bruges nu i enormt forøget mængde over hele verden og er baggrund for verdenskornavlens fordobling gennem ca. 25 år – ofte brugt i dobbelte doser pr. ha af, hvad vi bruger her.

Det er da vist også kun her i Skandinavien, Holland og Tyskland, at urbanbiologer finder på at hævde, at ammoniak generelt skulle kunne udvikle sig til en fare for skovenes trivsel, og at store skov-

strækninger skulle være nær et »mætningspunkt« i lokalitetens kvælstofniveau! Man synes ikke at forstå, at varig-humusdannelsen kan være et naturligt alternativ til nitratudvaskning.

Kvælstofoverernærede græner kan såvist findes i hønsegårde her og i Holland og på fuglefjelde, og i Chile m.fl. steder kan man finde fuglegødningsaflejringer i store mængder – det er heller ikke nyt, men *kvælstof og fosfor er til gengæld de to grundstoffer, der slet ikke kan tænkes erstattet af andet i verden*, og de kan begge mange steder stadig være tidligere være minimumsfaktorer.

De forekommer begge i flere tilstandsformer. Fosfor som plantetilgængelig fosfat eller som utilgængeligt råfosfat eller som forbindelser med jern eller aluminium. Kvælstof kan være surt, basisk eller i luftform neutralt og kan hensigtsmæssigt i naturen skifte herimellem og evt. ophobes som basisk i jorden, som derved kan frugt-bargøres ved øget dannelse og aflejring af såkaldt varig-humus med et C/N-forhold på 10 à 11, med i urørt skovjord op til flerhundred-årig halveringstid. Dette kan også gøre fosfor mere plantetilgængelig, forbedre jordens vandhusholdning, kan adsorbere og fastholde eller aflevere efter planternes behov næsten alle andre plantenæringsstoffer og neutralisere og fastholde giftige stoffer, bl.a. tunge metaller.

Varig-humus begrænser nitratudvaskning

Ved menneskenes færdsel som jægere, nomader og landbrugere er jordens øverste par meter gennem de seneste årtusinder blevet relativt udpint for varig-humus og derved også for forråd af ammoniak og plantetilgængelig fosforsyre m.m. og derved mere gradvist udsat for forringelser og tørkeskader, evt. ørkendannelse.

Under gode forhold kan varig-humuspængden i skove eller i sortjordsstepper nå op på ha-mængder på 500000 à 1 mill. kg med en halveringstid på flere hundrede år eller mere i den urørte jord. (I stærkt bearbejdet landbrugsjord ved højt pH kan halveringstiden være langt lavere, evt. ned til encifrede antal år). På den måde vil god skovjord ved overskud af ammoniak tilstedeværelse (tilgang på op til 50 kg ammoniak årligt fra luft og regn) pr. ha sammen med organisk affald kunne forøge sin humusvægt med op til 1000 kg pr. ha årligt, når intet affald eller kvas fjernes, fordi selve træproduktionen næsten ingen næring fjerner. Normalt synes op til 40% af det årlige affald at kunne blive til humus med ca. 5% indbygget ammoniakkvælstof, ialt i dansk agerjord varierende fra 5 til 10.000 kg

N pr. ha, i skovmuld ofte højere og i sort steppejord op over 50000 kg N.

Kun størrelsesordenen omkring 1000 kg organisk N pr. ha synes at være af direkte biologisk oprindelse, resten at hidrøre fra organiske syrers neutralisation med ammoniak kondenserede især ved kemiske reaktioner og derfor af varig-humus natur.

De færdige ammoniakalsk oxyderede varig-humusstoffer er altså neutraliserede sure, evt. hydrolyserede polysaccharider og ligniner, der normalt synes at bufre jorden med ammoniak ved pH 5,5, hvor der ikke er overskud af kalk til stede. Er der det, vil pH oftest ligge mellem 6 og 7, og dette søges så oftest opretholdt på »kalkfattig« agerjord i de fleste lande ved periodisk kalkning med en stærkt formindsket humusdannelse til følge, især efter at halmrig kvæggødning nu er afløst af halmfattig kvæg- og svinegylle, hvis ammoniumkvælstof ofte hurtigt tabes til luften eller udvaskes efter oxydation til nitrat. Denne er også ammoniakkvælstoffets normale skæbne, hvis det organiske affald fra produktionen er fjernet ved halmens afbrænding eller bortsalg, evt. ved strøelsesfjernelse fra skovbunden som tidligere almindeligt i Tyskland, idet det sure organiske affald da vil savnes til ammoniakens fastbinding.

Er pH derimod som normalt i skoven omkring 5,5 i jorden, og der er organisk affald nok til stede, beslaglægges tilstedeværende ammonium fortrinsvis til reaktioner med det sure organiske affald til opbygning af varig-humus til rigelig erstatning for det, og evt. opbygning af større mængder, end der årligt nedbrydes med forøgelse af frugtbarhed (bonitetsstigning) til følge.

Det lave pH bevirker, at skovjorden og træerne optager meget ammoniak fra luften, mens agerjorden ved højt pH ofte afgiver lige så meget ammoniak eller mere til luften, som den modtager med regnen. Fordi det organiske affald i jorden *under pH 5,5* lider af ammoniakhungere (tidligere omtalt som kalktrang), og ammonium desuden kan optages direkte af planterne, må tendensen til nitratdannelse i jorden netop falde stærkt omkring pH 5,5, så de ret små nitratmængder, der nydannes i løbet af vækstperioden, straks optages af planterødderne, *før* det udenfor vækstperioden kan udvaskes med regnen. Den bevoksede skovjords normale nitratudvaskning er derfor ret lille, men kan ofte vokse midlertidigt efter renafdrift eller stormfald i modsætning til en foryngelse under skærm i langsom afvikling med en rigelig vedvarende nitratflora som bundbeskyttelse.

Et ophør af vort landbrugs store kalkforbrug på velmuldet agerjord ville således kunne reducere vor nitratudvaskning afgørende i

løbet af en kortere årrække, men måske med fare for øget iltmangel i vore have til følge, indtil skaden ved vore fiskemetoders oprivning af den ilthungrende havbund kan forstås og begrænses. Vor nitratudvaskning til havet synes ved denitrifikation og assimilation at tilføje havet ca. 3, 4 gange så store iltmængder som kvælstof til uskadeliggørelse af ophvirvlet H_2S , svovlbrinte m.m. fra havbunden ved bundtrawling og muslingefiskeri.

Ammoniakkvælstoffet er således i sin reaktion med skovenes organiske affald til varig-humus den naturlige buffer i naturen mellem pH 5 og 6, og da jordoverfladens nuværende humusbundne kulstofmængde almindeligvis skønnes til 3 à 5000 milliarder tons (se bl.a. side 75 i Jes Fengers: »Luftforurening«, 1985), hvoraf måske 1% med et C/N-forhold på ca. 10 årligt mineraliseres, (ca. 40 milliarder tons), og hvoraf altså 9 à 10%, ca. 4000 millioner tons, må være ammoniumkvælstof.

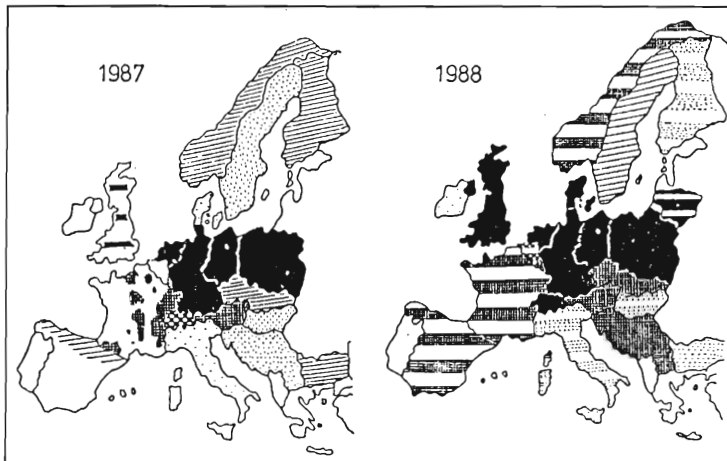
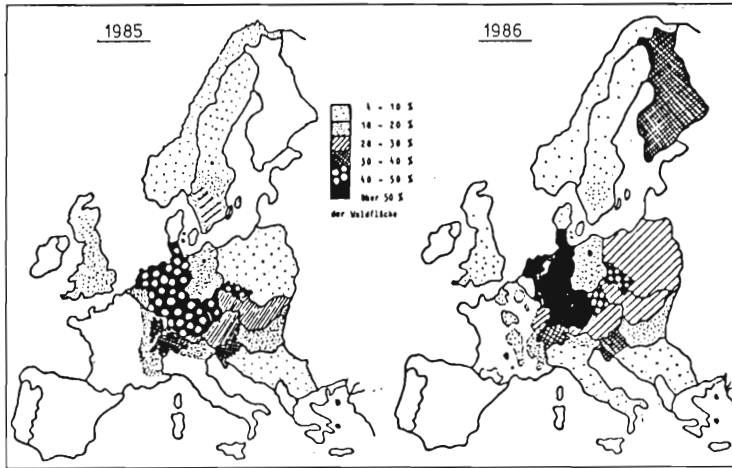
Dette repræsenterer en mere end ca. 7 gange så stor basemængde, årligt frigjort som den mængde surhed, der repræsenteres i jordens atmosfære i form af oxyder af svovl og kvælstof, (ialt ca. 600 millioner tons elementært S og N), der siges at true verden og dens skove med forsurening. Det er over 20 gange svovlmængdens samlede årlige surhed (højest 200 millioner tons S), mens N-oxyderne naturligt kan iltes og bruges af planterne som nitrat.

Efter årtusinders mishandling af vor jord i skov-, land- og kvægbrug, hvor ammoniumandelen i overjorden gradvist er svundet, og den derved efterhånden er blevet stærkt forsuret, er det altså ikke en fortsat forringelse, vi byder vor skovjord i dag. Vi har gennem det sidste århundrede været i gang med efter evne og viden at genopbygge vor frugtbarhed ved tilførsel af halmrig kvæggødning, kunstgødning og kalk i landbruget (kalk nærmest skader i skovjorden).

Efter sidste verdenskrig har vi opbygget en verdensårsproduktion af nu nærværd 100 mill. tons ammoniakkvælstof (af naturgas og luft) ved hjælp af hvilke verdens landbrug gennem de sidste 25 år har kunnet ca. fordoble sin kornproduktion med store fortsatte udviklingsmuligheder herudover. Mindre og mindre kvælstof bruges nu i oxyderet form som nitrat, mere og mere i ammoniumform som urea, ammoniumfosfat eller i vandfri form.

Dette stemmer ikke med urbanbiologers og de venstredrejede intellektuelles opfattelse af »det aftagende udbyttes lov«, af »monokulturernes stadige forringelser«, den »fortsatte jordbundsødelæggelse« og »kunstgødningens skadelighed«, »surhedens voksende

trussel« og nu til slut »ammoniakkvælstoffets giftighed« – altså – ligesom halvfjerdsernes økonomifordrejende ressourcemangelhysteri – et produkt af 1968 og omkringliggende begivenheder – herunder den fatale forringelse af den historien tillagte rolle i ungdommens opdragelse og vor dermed følgende forringelse af almen viden. Alene mere lystilgang til Europas skovjorder ville ophæve megen surhed!



Vi specialiseres med voksende uoverskuelighed, som vi alle lider under i dag - under en hæsblæsende komplicering og politisering af alt, som ingen mere fuldt kan overse.

P.S.! I Allgemeine Forst Zeitschrift nr. 39/1988 bringes 4 kort der angiver den fremadskridende skade på Europas skove fra 1985 til 1988, og Danmark angives i 1988 at have 61% »Waldschaden« i alle træarter.

Der synes ikke at være tale om trykfejl, men tysk skovdødspropaganda gennem EF's krav om nye indberetningsformer for at garantere ensartethed! Er vort miljøministerium enig i denne fremstilling af det, der i Europa vil blive opfattet som dansk skovdød?

F.J.