

# Mineralstoffbortførsel fra græsdækket jord i lysimetre

Ved *A. Dam Kofoed* og *J. Lindhard*.

## 827. beretning fra Statens forsøgsvirksomhed i plantekultur

I lysimeteranlægget ved Askov forsøgsstation foretages undersøgelse af mineralstoffbortførslen i afgrøde og drænvand fra forskellige jordtyper under græsdække. Beretning over resultaterne fra forsøgets første 9 år, hvor der udelukkende er gødet med kalksalpeter, er udarbejdet af forstander *A. Dam Kofoed* og assistent *J. Lindhard*.

*Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur*

### Indledning

Til forsøget blev der i 1955 fremskaffet jord fra følgende steder:

Statens marskforsøg, Ribe  
Landbrugets kornforædling, Sejet  
Statens forsøgsstation, Blangstedgård  
Statens forsøgsstation, Askov lermark  
Statens forsøgsstation, Hornum  
Statens forsøgsstation, Askov sandmark  
Statens forsøgsstation, Lundgård  
Statens forsøgsstation, St. Jyndeved  
Vejen mose

Lysimeterkarrene er betonrør med en diameter på 1 m og en dybde på 115 cm. I bunden er, over et halvrør, anbragt 10 cm grus, der tjener som vandreservoir. Et eternitrør fra bunden til overkanten af karret virker som vandstandsør og bruges til opsugning af det gennemsivede vand (drænvandet).

Jorden blev taget op i 5 lag á 20 cm og anbragt i lysimeterkarrene i samme lagorden i juli 1955. Efter at jorden var fyldt i karrene, blev den oversvømmet med ledningsvand for at fremme sammensynkningen. Vandet blev fjer-

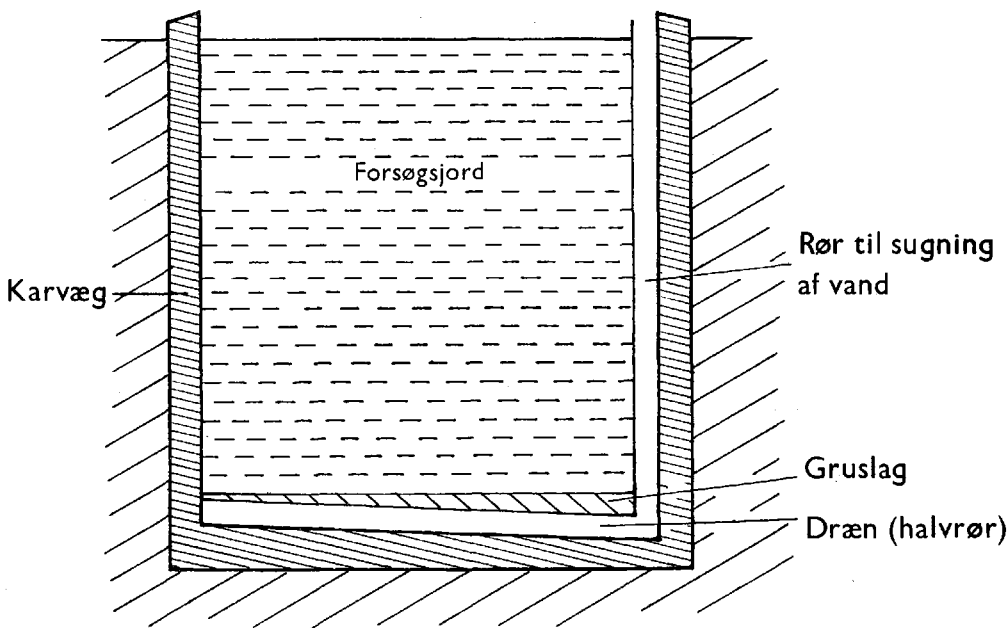


Fig. 1. Snit af lysimeterkar

net i vinterens løb sammen med gennemsvivet nedbør. I april 1956 blev vandet i alle karrene stillet på samme niveau og målingerne begyndte.

Jorden satte sig, så overfladen ved måling i foråret 1964 viste følgende gennemsnitlige afstand fra jordoverfladen til karkanten.

Vejen mose, højmosetørv	13 cm
Ribe, marskjord	10 cm
Blangstedgård, lerjord	8 cm
Sejet, lerjord	5 cm
Askov, lerjord	5 cm
Jynde vad, sandjord	3 cm
Lundgård, sandjord	2 cm
Hornum, sandjord	0 cm
Askov, sandjord	0 cm

Jordens sammensynkning er størst for de mest humusrige og lerrige jorder.

Et forhold, som kan have betydning for udvaskningen, er, at marskjorden hver sommer »trækker sig sammen«, så der bliver 1-2 cm afstand mellem jord og karvæg (i tørre somre har der været en tendens til det samme også

for jorden fra Sejet og Blangstedgård), men i løbet af vinteren flyder jorden helt ud til væggen igen. Jordens sammentrækning kan medføre, at nedbøren passerer ned langs karvæggen og giver mindre udvaskning af stoffer fra jorden, end det ellers ville være tilfældet. Nedgang i tilført vandmængde som følge af overløb eller stænkning vil have lignende virkning.

Under nedlægningen af jorden blev der fra de enkelte lag udtaget prøver til analyse. En oversigt over analyseresultaterne fremgår af tabellerne 1 og 2.

Bestemmelse af mekanisk sammensætning er udført efter hydrometernethoden. Angives i vægtprocent af tør jord under 1 mm kornstørrelse.

Rt er jordens pH målt i 1 m kaliumchlorid og med tillæg af 0,9 pH enheder. Total svovl og kulstof er bestemt ved forbrænding i Fisherapparat, og humus er % C  $\times$  1,72. Chlorid er bestemt ved titrering med sølvnitrat i en natriumnitrat ekstrakt af jorden. Total N er bestemt efter Kjeldahl under anvendelse af kuproxid og kaliumsulfat.

Tabel 1. Jordtypernes mekaniske sammensætning

	Profil cm	Ler under 0,002mm	Silt 0,002- 0,02mm	Finsand 0,02- 0,2mm	Grovsand over 0,2mm	Humus	Rt	Ombyt- nings- kap.
Ribe marsk . . . . .	0-20	35,1	28,9	13,7	16,0	6,3	6,3	35,4
	20-100	43,5	21,3	24,9	8,3	2,0	6,3	35,5
Sejet . . . . .	0-20	19,6	17,8	37,3	23,0	2,3	7,4	19,6
	20-100	26,6	11,4	40,1	21,4	0,5	6,7	20,9
Blangstedgård . . . . .	0-20	16,0	13,7	37,4	31,0	1,9	6,8	11,7
	20-100	16,1	14,3	38,2	31,0	0,4	6,9	13,5
Askov lermark . . . . .	0-20	9,6	11,3	43,6	32,0	3,5	6,0	13,7
	20-100	15,3	9,6	41,8	32,7	0,6	4,4	11,6
Hornum . . . . .	0-20	4,2	9,4	48,5	35,5	2,4	7,0	8,8
	20-100	5,2	7,8	48,9	37,1	1,0	6,6	4,9
Askov sandmark . . . . .	0-20	3,0	1,9	39,3	54,4	1,4	7,0	5,4
	20-60	4,2	3,8	32,1	59,3	0,6	6,4	3,9
Lundgård . . . . .	0-20	4,0	3,9	27,0	63,3	1,8	6,6	5,6
	20-100	3,3	2,2	24,7	69,3	0,5	6,4	2,6
Jynde vad . . . . .	0-20	3,1	3,0	24,7	67,0	2,2	4,7	6,2
	20-100	2,5	2,1	35,1	59,2	1,1	5,2	4,1
Vejen mose . . . . .	0-20	ingen bestemmelser				76,2	3,7	150,0
	20-100	»				72,7	3,8	136,8

Tabel 2. Jordtypernes indhold af mineralstoffer, 0-100 cm dybde mg/kg tørjord

	Cl	S	N	P	Na	K	Mg	Ca
Ribe marsk.....	265	974	1860	402	1535	552	1336	1771
Sejet.....	11	223	605	93	36	101	128	3070
Blangstedgård.....	13	210	584	210	31	71	116	2573
Askov lermærk.....	4	202	667	60	23	123	94	1130
Hornum.....	19	175	682	165	9	134	39	736
Askov sandmærk.....	29	153	408	195	8	50	17	517
Lundgård.....	1	115	338	107	4	33	16	450
Jynde vad.....	3	147	473	69	6	8	10	46
Vejen mose.....	37	3830	11280	9	185	51	214	4100
Bestemt som.....	Cl <sub>t</sub>	total	total	Ft	Nat	Tk	Mgt	Cat

Fosforsyre (Ft) bestemmes i en jordextrakt fremstillet ved rystning med 0,2 n svovlsyre. Ombyttelige mængder af natrium og kalium bestemmes flammefotometrisk i ammoniumacetatextrakter, mens de ombyttelige magnesium- og calciummængder ekstraheres med ammoniumchlorid og titreres med EDTA.

Ombytningskapacitet er bestemt med ammoniumacetat ved pH 7. Resultater angives som millilækvivalenter pr. 100 g.

Analyserne er udført på Statens Planteavlslaboratorium i Lyngby med undtagelse af kvælstofbestemmelserne, der er udført på Askov forsøgsstation.

Det procentiske indhold af ler + silt varierer fra 64,8 for Ribe marsk til 4,6 for Jynde vad, samtidig med at ombytningskapaciteten falder fra 35,5 til 4,1. For sandjorderne stiger ombytningskapaciteten med stigende humusindhold.

#### Tilførsel af næringsstoffer

Ved måling af den mængde næringsstoffer, som kan afgives fra forskellige jordtyper, må de næringsstoffer, der tilføres forsøget fra andre kilder end jorden indregnes.

Tilførsler må i dette forsøg antages at komme fra nedbør, vandingsvand, gødning og lysimeterkarrenes cementvægge.

Man kan danne sig et indtryk af nedbørens næringsstofindhold på grundlag af analyser foretaget på nedbør, der er opsamlet 1/5 1955 - 1/5 1965 ved Askov. Som gennemsnit for ti år, er der fundet følgende mængder i g/m<sup>2</sup>/år.

Cl	S	N	P	Na	K	Mg	Ca
4,00	1,32	0,80	0	2,36	0,31	0,42	0,66

Analyse af vandingsvand (ledning vand) i Askov har vist følgende indhold i mg/liter.

HCO <sub>3</sub>	Cl	S	N	P	Na	K	Mg	Ca
233	19	9	0	0	14	1	5	79

Kalksalpeter angives at indeholde 15,5 % N og 20 % Ca. I 1957 blev der tilført kalk til jorderne fra Jynde vad, (400 g/m<sup>2</sup>) og Vejen Mose (800 g/m<sup>2</sup>).

De tilførte mængder af vand og mineralstoffer beregnet på grundlag af indholdet i nedbør, vandingsvand og kalksalpeter fremgår af tabel 3.

Fra laboratoriet hos F. L. Smidth & Co. A/S har man velvilligt meddelt gennemsnitsværdier for indholdet af mineralstoffer i Portland cement og i tilslag (vand, sten og grus) til fremstilling af 1 m<sup>3</sup> beton.

På grundlag heraf kan der beregnes orienterende værdier for mineralstofindholdet pr. kar á 0,2 m<sup>3</sup> beton.

Cl	S	Ca	Na	K	Mg		
			total	vandopl.	total	vandopl.	
3	274	14802	100	66	132	66	330

Tabel 3. Tilførsel med nedbør, vanding og kalksalpeter

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Nedbør, mm. . . . .	729	878	772	587	816	968	689	882	773	7034
Vanding, mm. . . . .	0	17	0	149	78	0	5	0	13	262
Kalksalpeter, g/m <sup>2</sup>	26	40	80	40	201	201	157	160	160	1065
Chlorid, g Cl/m <sup>2</sup> .	5,6	4,0	3,2	6,6	5,5	4,5	2,4	6,3	4,8	42,9
Svovl, g S/m <sup>2</sup> . . . .	1,3	1,0	1,4	3,0	2,5	1,3	1,3	2,1	1,7	15,6
Kvælstof, g N/m <sup>2</sup> .	4,9	7,0	13,3	7,0	32,0	32,1	25,1	25,7	26,0	173,1
Natrium, g Na/m <sup>2</sup>	3,2	2,9	2,0	3,4	2,8	3,3	1,4	3,0	2,6	24,6
Kalium, g K/m <sup>2</sup> . .	0,4	0,3	0,3	0,7	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3	3,4
Magnes., g Mg/m <sup>2</sup>	0,7	0,4	0,3	0,9	0,6	0,4	0,2	0,5	0,8	4,8
Calcium, g Ca/m <sup>2</sup>	6,0	9,8	16,5	20,4	47,0	41,0	32,4	32,9	34,0	240,0

Der er kun meddelt vandopløselighed for natrium og kalium, men det tilføjes, at indholdet af chlorid og desuden en forholdsvis lille del af svovl og calcium vil stamme fra tilsat vand. Hvor stor en del af stofferne der udluses vil afhænge af den hærdede betons tæthed, og desuden vil vand med såkaldt aggressiv CO<sub>2</sub> kunne opløse Ca som hydrokarbonat.

En undersøgelse på Askov forsøgsstation tog sigte på at bestemme hvor stor en mængde natrium og kalium, der kunne frigøres fra ny-støbte betonkar. Karrene (140 l) fyldtes 5 gange efter hinanden med vand, og vandet stod under lejlighedsvis omrøring i karrene, indtil kaliumkoncentrationen ikke steg mere. Undersøgelsen gennemførtes på ca. 5 måneder. For hver udvaskning blev maksimumskoncentrationen stadig lavere. Begyndende med 25 mg K/l i første hold vand, var den i femte hold 1,9 mg K/l. I gennemsnit for to fælleskar blev der udvasket 6,7 g K og 3,1 g Na pr. m<sup>2</sup> karvæg. Lysimeterkarrenes indvendige overflade er beregnet til 4,4 m<sup>2</sup>, og man skulle således under lignende forhold kunne vente en kaliumafgivelse på 29 g K/kar og en natriumafgivelse på 14 g/Na/kar. Heraf er ca. halvdelen udvasket med det første hold vand.

Det er ret betydelige mængder af natrium og kalium, der kan afgives fra de ubehandlede betonvægge, men der er på den anden side stor sandsynlighed for, at størstedelen udvaskes i løbet af få år.

I denne forbindelse må det understreges, at

gennemsvet vandingsvand og nedbør fra sommeren 1955 til april 1956 blev fjernet før forsøgets begyndelse. Dette skulle åbne mulighed for, at en betydelig del af de udvaskelige mineralstoffer er blevet fjernet, før forsøget startede.

#### Målinger i forsøget

Måleresultaterne vil fremgå af tabellerne 4-32, som dels angiver de målte mængder af afgrødetørstof og gennemsvivningsvand for de ni jordtyper i de ni år og dels koncentrationen af næringsstoffer henholdsvis i tørstof og i vand, samt bortførsel af stofferne med afgrøde og gennemsvivningsvand.

Afgrøderne var byg med udlæg i 1956 og derefter græs, som i 1962 blev lagt om uden dæksæd. I 1956 bestod græsblandingen af alm. rajgræs, engsvingel, rød svingel, stivbladet svingel, engrapgræs og timothe. I 1962 således: engsvingel, rød svingel og engrapgræs.

I tørstof af grøn byg og græs er bestemt to-talkvælstof efter Kjeldahl og fosfor efter Lorenz. Natrium, kalium, magnesium og calcium er bestemt efter *Henriksen* (4). Svovl er bestemt ved forbrænding i Fisherapparat.

Efter behandling med alkoholisk kalciumacetat blev 5-6 g tørstof forasket ved 400 C°. Asken tilsattes brintperoxyd, som blev afdampet på vandbad. Extraktion med salpetersyre. En alikvot af ekstrakten blev, efter neutralisation med fast natriumbikarbonat, titreret med sølv-

nitrat og kaliumchromat til chloridbestemmelse efter *Wijkstrøm* (20).

Gennemløbsvandet (drænvandet) er opsamlet og analyseret pr. år med skæring i april, idet der for hver opsugning af vand fra karrene er udtaget en prøve på to procent af mængden.

I vand er natrium og kalium bestemt flammefotometrisk, calcium og magnesium titrimetrisk med EDTA, svovl er bestemt gravimetrisk som baryumsulfat, og chlorid titrimetrisk med sølvnitrat. Nitrat-N og ammoniak-N er bestemt samlet ved destillation efter reduktion med Devarda-legering. Destillatet er farvet med Nesslers reagens og målt på spektrofotometer (430 m $\mu$ ). Bestemmelse af hydrokarbonat er sket ved titrering med saltsyre ned til pH 4.

#### Tørstof

Tørstofudbytterne, tabel 4, viser store svingninger fra år til år på grund af nyudlæg, vandmangel samt varieret tilførsel af salpeter. Afgrøden

var grøn byg i 1956 og græs de øvrige år. Udover enkelte steder, hvor der er tale om 1956, betegnes afgrøden senere som græs. Ialtudbyttet for de ni år varierer fra 1 kg/m<sup>2</sup> tørstof for Vejen mose til 8 kg/m<sup>2</sup> for Ribe marsk og, bortset fra Hornum sandjord, er der høstet større udbytter på lerjord end på sandjord.

#### Gennemsvivningsvand

Mængden af gennemsvivningsvand (senere blot betegnet som »vand«), tabel 5, varierer såvel med årene som med afgrødestørrelsen.

#### Chlorid

Det procentiske chloridindhold i græs samt chloridkoncentrationen i vandet og den ialt tilførte og bortførte mængde fremgår af tabellerne 6-8.

Græssets chloridindhold varierer mellem 0,22 for Vejen mose og 1,19 for Ribe marsk. *Wijk-*

Tabel 4. Tørstofudbytter, g tørstof/m<sup>2</sup>

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	Ialt
Ribe marsk . . . . .	889	736	1033	607	937	1563	428	1224	789	8206
Sejet . . . . .	1019	377	880	354	919	1250	468	1079	814	7160
Blangstedgård . . . . .	906	249	767	298	878	1271	497	1072	884	6822
Askov lermark . . . . .	594	322	814	516	954	1203	391	727	563	6084
Hornum . . . . .	993	250	860	401	1031	1248	487	1032	945	7247
Askov sandmark . . . . .	675	169	576	245	880	957	434	1067	718	5721
Lundgård . . . . .	553	151	613	304	906	1007	279	719	482	5014
Jynde vad . . . . .	287	340	687	379	712	862	250	719	534	4770
Vejen mose . . . . .	0	35	116	233	93	277	36	163	116	1069

Tabel 5. Gennemsvivningsvand, liter/m<sup>2</sup> (mm)

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk . . . . .	246	376	350	337	583	627	427	504	524	3974
Sejet . . . . .	247	311	234	311	491	542	278	446	382	3242
Blangstedgård . . . . .	268	356	318	337	462	518	278	444	400	3381
Askov lermark . . . . .	285	324	298	311	514	596	401	505	531	3765
Hornum . . . . .	259	302	266	298	449	557	304	437	415	3287
Askov sandmark . . . . .	319	335	324	337	539	674	363	524	505	3920
Lundgård . . . . .	375	285	272	311	573	622	382	609	529	3958
Jynde vad . . . . .	371	324	272	311	589	648	382	521	512	3930
Vejen mose . . . . .	394	453	401	337	689	673	518	672	570	4707

ström (20) angiver for hundegræs 1,22 % Cl i lufttørt stof og Bondorff (1) 0,59 % i tørstof for kløverhø.

Indholdet i vand varierer betydeligt mere end indholdet i græs, og der er et tydeligt koncentrationsfald med årene.

I 1962, hvor græstørven blev gravet ned, og det nye udlæg udvikledes ret svagt, ses en stærk stigning i vandets chloridkoncentration, antagelig som følge af græssets omsætning i jorden.

Chloridbortførslen varierer mellem 69 og 8 g Cl/m<sup>2</sup>/år for 1956/57 og for 1964/65 mel-

Tabel 6. Mineralstofoptagelse i græs, pct. Cl i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	1,05	1,19	1,13	0,98	0,76	0,84	0,63	0,51	0,68
Sejet.....	0,58	0,80	0,90	0,86	0,45	0,45	0,68	0,46	0,58
Blangstedgård.....	0,61	0,67	0,83	0,86	0,46	0,45	0,60	0,45	0,60
Askov lermark.....	0,42	0,72	0,84	0,79	0,52	0,44	0,74	0,46	0,54
Hornum.....	0,73	0,66	0,74	0,77	0,48	0,43	0,71	0,33	0,56
Askov sandmark.....	0,63	0,64	0,92	0,83	0,46	0,54	0,61	0,37	0,66
Lundgård.....	0,42	0,58	0,82	0,73	0,47	0,47	0,70	0,37	0,52
Jyndevad.....	0,62	0,58	0,67	0,57	0,53	0,48	0,71	0,47	0,65
Vejen mose.....	—	0,41	0,34	0,22	0,36	0,27	0,51	0,28	0,40

Tabel 7. Mineralstofudvaskning, mg Cl/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk.....	240,6	80,1	60,2	38,5	20,0	13,7	12,8	8,3	7,9
Sejet.....	21,2	7,6	4,0	16,4	2,9	2,0	9,3	1,3	4,7
Blangstedgård.....	23,3	7,5	5,5	16,2	2,4	2,8	10,5	2,6	5,7
Askov lermark.....	20,6	6,8	4,3	11,0	7,4	2,7	9,2	4,4	8,6
Hornum.....	36,9	10,8	8,5	21,7	0	1,2	13,6	2,5	5,5
Askov sandmark.....	41,0	10,1	8,4	20,2	1,4	0,8	13,5	1,5	7,6
Lundgård.....	18,2	5,0	10,2	21,2	0	0,3	14,3	5,4	10,5
Jyndevad.....	21,5	9,7	8,0	19,2	3,8	3,4	15,2	4,4	10,5
Vejen mose.....	22,5	16,7	18,3	22,0	9,6	12,2	13,3	10,6	12,4

Tabel 8. Bortførsel af chlorid i afgrøde og vand, g Cl/m<sup>2</sup>/år

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe.....	68,5	38,9	32,7	18,9	18,8	21,7	8,1	10,4	9,5	227,5
Sejet.....	11,1	5,4	8,9	8,1	5,6	6,7	5,8	5,5	6,5	63,6
Blangstedgård....	11,8	4,4	8,1	8,0	5,1	7,2	5,9	5,9	7,6	64,0
Askov lermark...	8,4	4,5	8,1	7,5	8,8	6,9	6,6	5,6	7,6	64,0
Hornum.....	16,8	4,9	8,6	9,6	4,9	6,0	7,6	4,5	7,5	70,4
Askov sandmark .	17,3	4,5	8,0	8,8	4,8	5,7	7,6	4,7	8,6	70,0
Lundgård.....	9,1	2,3	7,8	8,8	4,3	4,9	7,4	5,9	8,1	58,6
Jyndevad.....	9,8	5,1	6,8	8,1	6,0	6,3	7,6	5,7	8,8	64,2
Vejen mose.....	8,9	7,7	7,7	7,9	6,9	8,9	7,0	7,6	7,6	70,2

lem 10 og 7 g Cl/m<sup>2</sup>/år. Meget taler for, at de forskellige jordtyper inden 1964/65 har indstillet sig på et niveau, der svarer til den chloridmængde, der tilføres fra atmosfæren og med vandingsvand. Med årsnedbøren tilføres jorden 3 – 6 g Cl, men dertil må lægges en lige så stor mængde, som skulle kunne optages af jord og planter direkte fra luftens indhold af chlorid, *Jensen* (10).

Af tabel 3 fremgår, at der med nedbør og vandingsvand er tilført 43 g Cl i løbet af 9 år, mens der i græs og vand er bortført 64 – 70 g fra mineraljord.

*Ødelien* og *Vidme* (21) fandt fra ugødet jord en bortførsel på 3,56 g Cl/m<sup>2</sup>/år som gennemsnit for 5 år. Den gennemsnitlige chloridtilførsel med nedbør i Ås angives af *Låg* (12) til 0,7 g Cl/m<sup>2</sup>/år.

## Svovl

Indholdet af svovl i græs og i vand fremgår af tabellerne 9-11.

Pct. S i tørstof varierer mellem 0,08 og 0,31. I 1956, hvor der er høstet grøn byg, findes en variation mellem 0,08 og 0,12 + to høje værdier, 0,19 % S for jord fra Ribe marsk og 0,22 % for Jyndevad-jord. Byggen var i disse to forsøgsled meget stærkt forurenset med ukrudt. Forskellige kilder opgiver svovlindholdet i græs til 0,03 – 0,41 pct.

Indholdet af svovl i vandet varierer meget og er stærkt faldende med årene. Højest ligger Ribe marsk med 119 mg/l i 1956/57 og 10 mg/l i 1964/65. De øvrige jorder viser koncentrationsfald fra 10-20 mg/l i 1956 til 3-5 mg/l i 1964/65.

Fra almindelig agerjord er der i 1964/65

Tabel 9. Mineralstofoptagelse i græs, pct. S i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	0,19	0,23	0,20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,25	0,22
Sejet.....	0,11	0,18	0,17	0,23	0,16	0,15	0,16	0,19	0,15
Blangstedgård.....	0,10	0,18	0,19	0,26	0,17	0,16	0,14	0,19	0,15
Askov lermark.....	0,12	0,21	0,22	0,24	0,21	0,16	0,17	0,21	0,21
Hornum.....	0,09	0,12	0,19	0,28	0,17	0,15	0,15	0,19	0,19
Askov sandmark.....	0,08	0,16	0,17	0,31	0,16	0,15	0,13	0,16	0,16
Lundgård.....	0,11	0,14	0,15	0,30	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17
Jyndevad.....	0,22	0,23	0,20	0,29	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16
Vejen mose.....	—	0,10	0,11	0,16	0,18	0,17	0,25	0,23	0,23

Tabel 10. Mineralstofudvaskning, mg S/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk.....	119,0	47,5	43,9	30,4	22,4	18,9	20,9	14,3	10,3
Sejet.....	21,0	8,6	5,4	7,2	4,7	0,9	2,6	1,4	2,9
Blangstedgård.....	14,0	5,3	4,4	7,1	3,7	2,1	3,3	1,0	3,4
Askov lermark.....	15,3	9,6	8,2	7,0	5,4	2,8	2,7	1,6	3,0
Hornum.....	20,9	7,3	4,8	9,7	4,3	1,1	3,0	1,6	3,0
Askov sandmark.....	26,4	6,3	5,0	8,5	4,1	1,7	2,9	2,7	3,1
Lundgård.....	10,5	4,8	3,8	7,6	3,5	2,1	3,3	1,9	3,7
Jyndevad.....	9,1	7,8	5,8	7,5	5,5	3,4	4,1	4,1	3,7
Vejen mose.....	10,2	10,3	7,8	11,4	3,1	6,4	7,3	5,5	5,4

Tabel 11. Bortførsel af svovl i afgrøde og vand, g S/m<sup>2</sup>/år

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk.....	30,9	19,5	17,4	11,7	14,9	14,8	9,6	10,3	7,1	136,2
Sejet.....	6,3	3,3	2,8	3,0	3,8	2,4	1,5	2,7	2,3	28,1
Blangstedgård....	4,7	2,3	2,8	3,2	3,2	3,2	1,6	2,5	2,7	26,2
Askov lermark ...	5,0	3,8	4,2	3,4	4,8	3,6	1,8	2,3	2,8	31,7
Hornum.....	6,3	2,5	2,9	4,0	3,7	2,4	1,6	2,6	3,0	29,0
Askov sandmark .	9,0	2,4	2,6	3,6	3,6	2,6	1,6	3,2	2,7	31,3
Lundgård.....	4,6	1,6	1,9	3,3	3,4	2,8	1,5	2,4	2,8	24,3
Jynde vad.....	4,0	3,3	2,9	3,4	4,4	4,1	2,1	3,4	2,7	30,4
Vejen mose.....	4,0	4,7	3,3	4,2	2,3	4,8	3,9	4,0	3,4	34,6

bortført 2-3 g S/m<sup>2</sup> lidt mere fra sandjord end fra lerjord. I årene 1955-65 er tilført gennemsnitligt 1,3 g S/m<sup>2</sup>/år med nedbør, men dertil kommer, at man må regne med en tilførsel direkte fra luften, der svarer til ca. det dobbelte, *Jensen* (10). Ud fra dette må man antage, at den svovlmængde, der fjernes fra agerjorden i 1964/65, svarer til den mængde, der tilføres fra atmosfæren. Som middel af flere år angiver *Ødelien* og *Vidme* (21) en bortførsel på 3,4 g S/m<sup>2</sup>/år fra ugødet lerjord, *Pfaff* (17) 17 g S/m<sup>2</sup>/år fra ugødet sand- og lerjord, mens *Maschhaupt* (14) har fundet 24 g S/m<sup>2</sup>/år.

### Kvælstof

For at sikre en produktion, der kunne forbruge af jordens mineralstoffer i udpiningsperioden, er der hvert år ad 2-5 gange udstrøet kalksalpeter på græsset. Med en kvælstoftilførsel på 4-31 g N/m<sup>2</sup> pr. år er der i løbet af de ni år anvendt ialt 165 g/m<sup>2</sup>, hvortil kommer 8 g/m<sup>2</sup>, tilført med nedbøren.

Kvælstofindholdet i græs og vand samt bort-

førsel af kvælstof fremgår af tabellerne 12-15. Det ses heraf, at indholdet er stigende med tilførslen, bortset fra en del afvigelse i 1960, der er det første år, hvor der er gødet stærkt.

Speciel interesse har indholdet af NO<sub>x</sub>-N i vandet. Mens koncentrationen i de første fire år, hvor kvælstoftilførslen er moderat, kun i få tilfælde overstiger 1 mg/l, findes der de sidste fire år med den stærke kvælstoftilførsel koncentrationer helt op til over 20 mg N/l, og svarende til et udvaskningstab på op imod 80-100 kg N/ha, til trods for at jorden er græs-dækket. Det må dog bemærkes, at de største tab findes, hvor græsudbyttet har været reduceret som følge af næringsstofmangel, for de gode lerjorders vedkommende har udvaskningstab svaret til 0-4 kg N/ha. Resultaterne viser, at man med kraftig salpetergødskning (2000 kg kalksalpeter/ha) løber den risiko, at græsset ikke kan udnytte kvælstoffet, så dette tabes ud i drænrørene, hvilket foruden det direkte økonomiske tab, kan få konsekvenser ved forøget vækst af flora og fauna i vandløb og søer.

Tabel 12. Mineralstofoptagelse i græs, pct. N i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	1,03	1,89	2,12	2,02	2,31	2,14	2,19	2,36	2,66
Sejet.....	0,70	1,42	1,65	1,74	2,10	2,03	3,17	2,45	2,62
Blangstedgård.....	0,71	1,31	1,63	1,71	2,14	2,04	3,10	2,47	2,51
Askov lermark.....	0,71	1,47	2,01	2,09	2,36	2,20	3,16	2,45	2,76
Hornum.....	0,82	1,26	1,56	1,70	1,99	1,95	2,90	2,44	2,39
Askov sandmark.....	0,78	1,40	1,83	1,60	1,89	1,92	2,74	2,18	2,35
Lundgård.....	0,63	1,44	1,77	1,68	2,03	2,01	3,08	2,79	2,58
Jynde vad.....	1,24	1,57	1,91	1,91	2,70	2,29	3,32	2,77	2,70
Vejen mose.....	—	1,77	2,29	1,71	2,45	1,94	3,05	2,29	2,30



Tabel 13. Mineralstofudvaskning, mg N/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk . . . . .	0,72	0,26	0,75	1,62	1,47	4,43	3,11	2,28	1,85
Sejet . . . . .	0,35	0,02	0,02	0,21	0,45	4,04	4,67	0,79	0,17
Blangstedgård . . . . .	0,14	0,00	0,05	0,17	0,83	6,12	6,78	1,34	0,51
Askov lermark . . . . .	0,58	0,09	0,14	1,33	4,21	7,20	19,76	14,84	17,76
Hornum . . . . .	1,26	0,48	0,27	0,86	0,48	5,16	10,79	4,18	0,46
Askov sandmark . . . . .	3,15	0,13	0,18	0,65	0,55	1,50	3,98	1,37	2,44
Lundgård . . . . .	0,79	0,18	0,19	0,30	0,64	6,30	21,54	10,86	16,71
Jynde vad . . . . .	0,25	0,26	0,24	1,26	7,77	15,42	21,86	14,21	13,10
Vejen mose . . . . .	2,42	0,42	1,61	1,13	0,20	18,08	8,80	16,60	14,91

Tabel 14. Bortførelse af kvælstof i afgrøde og vand, g N/m<sup>2</sup>

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk . . . . .	9,3	14,0	22,1	12,7	22,5	36,0	10,7	29,9	22,0	179,2
Sejet . . . . .	7,2	5,4	14,5	6,2	19,5	27,6	16,1	26,8	21,4	144,7
Blangstedgård . . . . .	6,5	3,3	12,5	5,2	19,2	29,1	17,3	27,1	22,4	142,6
Askov lermark . . . . .	4,4	4,7	16,4	11,2	24,7	30,7	20,2	25,3	25,0	162,6
Hornum . . . . .	8,4	3,3	13,5	7,1	20,7	27,1	17,5	27,0	22,8	147,4
Askov sandmark . . . . .	6,3	2,4	10,6	4,1	17,0	19,3	13,3	23,9	18,1	115,0
Lundgård . . . . .	3,8	2,2	10,9	5,2	18,7	24,1	16,8	26,8	21,3	129,8
Jynde vad . . . . .	3,7	5,4	13,2	7,7	23,8	29,8	16,6	27,3	21,1	148,6
Vejen mose . . . . .	0,9	0,8	3,3	4,4	2,4	17,6	5,7	14,9	11,2	61,2

Tabel 15. Udvasning af kvælstof under græsdekke, g N/m<sup>2</sup>

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk . . . . .	0,2	0,1	0,3	0,5	0,9	2,8	1,3	1,1	1,0	8,2
Sejet . . . . .	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	2,2	1,3	0,4	0,1	4,4
Blangstedgård . . . . .	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	3,2	1,9	0,6	0,2	6,4
Askov lermark . . . . .	0,2	0,0	0,0	0,4	2,2	4,3	7,9	7,5	9,4	31,9
Hornum . . . . .	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	2,8	3,3	1,8	0,2	9,1
Askov sandmark . . . . .	1,0	0,0	0,1	0,2	0,3	1,0	1,4	0,7	1,2	5,9
Lundgård . . . . .	0,3	0,0	0,0	0,1	0,4	3,9	8,2	6,6	8,8	28,3
Jynde vad . . . . .	0,1	0,1	0,1	0,4	4,6	10,1	8,3	7,4	6,7	37,8
Vejen mose . . . . .	0,9	0,2	0,6	0,4	0,1	12,2	4,6	11,2	8,5	38,7

**Fosfor**

Fosforindholdet i afgrøden fremgår af tabellerne 16-17. Der er ikke fundet fosfor i vand. I løbet af perioden 1956-64 er der bortført mellem 0,7 og 25,1 g P/m<sup>2</sup>. Det procentiske indhold af P i græsset fra Vejen mose er omkring

0,1 pct. P i tørstof, hvilket må betegnes som stærk fosformangel (sml. f.eks. *Russel* (19) side 82). Græsset fra de øvrige jorder har indeholdt fra 0,15 til 0,43 % P svarende til spredningen fra 0,19 til 0,59 % P, som er fundet af *Henriksen* (6) ved analyse af 100 græsprøver.

Tabel 16. Mineralstofoptagelse i græs, pct. P i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	0,25	0,33	0,30	0,34	0,36	0,30	0,27	0,30	0,31
Sejet.....	0,14	0,27	0,27	0,30	0,33	0,28	0,30	0,27	0,27
Blangstedgård.....	0,15	0,26	0,30	0,35	0,36	0,30	0,32	0,30	0,29
Askov lermark.....	0,13	0,26	0,24	0,28	0,27	0,19	0,21	0,16	0,18
Hornum.....	0,14	0,25	0,25	0,32	0,39	0,33	0,40	0,36	0,37
Askov sandmark.....	0,16	0,25	0,27	0,34	0,29	0,28	0,35	0,27	0,28
Lundgård.....	0,14	0,25	0,28	0,34	0,37	0,31	0,43	0,34	0,33
Jynde vad.....	0,19	0,21	0,15	0,22	0,22	0,20	0,25	0,19	0,18
Vejen mose.....	—	0,07	0,08	0,05	0,11	0,07	0,12	0,06	0,02

Tabel 17. Bortførsel af fosfor i afgrøde, g P/m<sup>2</sup>

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	Ialt
Ribe marsk.....	2,22	2,43	3,10	2,06	3,37	4,69	1,16	3,67	2,44	25,14
Sejet.....	1,43	1,01	2,38	1,06	3,03	3,50	1,40	2,91	2,20	18,92
Blangstedgård....	1,36	0,65	2,30	1,04	3,16	3,81	1,59	3,22	2,56	19,69
Askov lermark...	0,77	0,84	1,95	1,44	2,58	2,29	0,82	1,16	1,01	12,86
Hornum.....	1,39	0,63	2,15	1,28	4,02	4,12	1,95	3,72	3,50	22,76
Askov sandmark .	1,08	0,42	1,56	0,83	2,55	2,68	1,52	2,88	2,01	15,53
Lundgård.....	0,77	0,38	1,72	1,03	3,55	3,12	1,20	2,44	1,59	15,80
Jynde vad.....	0,55	0,71	1,03	0,83	1,57	1,72	0,63	1,37	0,96	9,37
Vejen mose.....	—	0,02	0,09	0,12	0,10	0,19	0,04	0,10	0,02	0,68

### Hydrokarbonat

Indholdet af hydrokarbonat i vandet fremgår af tabel 18, det varierer mellem 77 og 419 mg/l og med lavest koncentration i vandet fra Askov lermark, Lundgård og Jynde vad. Tabel 19 viser, at også bortførslen af hydrokarbonat er mindre for de tre nævnte jorder end for de øvrige. Der er ialt for de 9 år fjernet mellem 400 og 1129 g HCO<sub>3</sub>/m<sup>2</sup>.

Hydrokarbonatindholdet fremkommer ved optagelse af kuldioxid i det vand, der siver gennem jorden. Det kuldioxidholdige vand opløser calciumkarbonat og neutraliseres herved, pH er gennem årene målt til omkring 8 for alle vandprøver.

En omregning af de bortførte mængder til kg CO<sub>2</sub>/ha/år viser, at der i gennemsnit af 9 år er bortført fra 320 til 904 kg CO<sub>2</sub> pr. ha og

Tabel 18. Mineralstofudvaskning, mg/HCO<sub>3</sub>/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk.....	297	353	385	213	291	243	332	271	219
Sejet.....	240	281	344	250	323	281	267	294	242
Blangstedgård.....	261	314	218	251	194	260	286	300	245
Askov lermark.....	77	134	119	99	113	129	84	108	85
Hornum.....	202	353	419	226	291	310	255	285	203
Askov sandmark.....	128	203	209	210	223	208	194	219	173
Lundgård.....	134	184	152	112	144	148	128	163	91
Jynde vad.....	120	143	114	88	132	145	151	126	89
Vejen mose.....	134	192	205	177	236	205	231	195	195

Tabel 19. Bortførsel af hydrokarbonat i vand,  $\text{HCO}_3$  g/m<sup>2</sup>

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk.....	73	133	135	72	170	152	142	137	115	1129
Sejet.....	59	87	80	78	159	152	74	131	92	912
Blangstedgård....	70	112	69	85	90	135	80	133	98	872
Askov lermark...	22	43	35	31	58	77	34	55	45	400
Hornum.....	52	107	111	67	131	173	78	125	84	928
Askov sandmark..	41	68	68	71	120	140	70	115	87	780
Lundgård.....	50	52	41	35	83	92	49	99	48	549
Jynde vad.....	45	46	31	27	78	94	58	66	46	491
Vejen mose.....	53	87	82	60	163	138	120	131	111	945

år med nedsivende vand, svarende til 4-11 % af den  $\text{CO}_2$ -mængde på 8000 kg, der angives at gå i luften fra 1 ha ager som følge af omsætning af organisk stof. *Bondorff* (1). Lysimeterforsøg ved *Weihenstephan* viste et udvaskningstab på 522-647 kg  $\text{CO}_2$ /ha/år som gennemsnit af fire års målinger i tre jordtyper. Indholdet i nedbøren svarede til 65 kg  $\text{CO}_2$ /ha, *Hofmann* (7).

### Natrium

Indhold i afgrøde og vand fremgår af tabel 20-21.

Græssets natriumindhold varierer mellem 0,01 og 0,39% Na i tørstof. *Henriksen* (6) angiver som gennemsnit af 16 prøver et indhold på 0,11 med en spredning fra 0,04 til 0,37 % Na i tørstof.

I vandet er fundet fra 7 til 324 mg/1, størst for Ribe marsk.

Ved udvaskning af marskjord gennem 18 år fandt *Maschhaupt* (14) for tre på hinanden følgende 5 års perioder gennemsnit på henholds-

vis 82, 33 og 21 mg Na/1, og de næste tre år viste et gennemsnit på 19 mg Na/1. Forsøget er udført i Groningen, der ligger 25-30 km fra Nordsøen, og det angives, at nedbøren i gennemsnit har indeholdt 6 mg Na/1.

Den samlede natriumbortførsel i afgrøde og vand fremgår af tabel 22. For alle jordtyper falder størrelsen af bortførslen til ca. halvdelen i løbet af de første fire år. Det næste år, 1960/61 er der en ret stærk stigning i bortførslen, og derefter fortsættes faldet, således at bortførslen i 1964/65 er af størrelsesorden 4-8 g Na/m<sup>2</sup>/år, når man ser bort fra marskjorden, hvorfra der i 1964/65 er bortført ca. 38 g Na/m<sup>2</sup>.

Den stigning i bortførslen, der findes for 1960/61, kan delvis forklares ved, at såvel nedbør som kalksalpetertilførsel og dermed afgrøden har været større dette år end de tidligere, men da der samtidig er en tendens til, at natriumprocenten i græsset er stigende, og at indholdet i vandet er konstant, til trods for at vandmængden næsten er fordoblet, må det an-

Tabel 20. Mineralstofoptagelse i græs, pct. Na i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	0,29	0,29	0,24	0,06	0,09	0,11	0,12	0,09	0,11
Sejet.....	0,06	0,09	0,05	0,02	0,13	0,13	0,17	0,09	0,18
Blangstedgård.....	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07	0,06	0,08	0,07	0,13
Askov lermark.....	0,03	0,05	0,06	0,05	0,08	0,10	0,09	0,07	0,13
Hornum.....	0,04	0,04	0,05	0,03	0,10	0,10	0,20	0,12	0,22
Askov sandmark.....	0,09	0,06	0,06	0,04	0,12	0,17	0,14	0,08	0,13
Lundgård.....	0,05	0,05	0,07	0,03	0,17	0,22	0,31	0,19	0,21
Jynde vad.....	0,29	0,18	0,19	0,16	0,20	0,18	0,39	0,15	0,17
Vejen mose.....	—	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,01	0,03

Tabel 21. Mineralstofudvaskning, mg Na/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk . . . . .	324,0	186,7	179,0	108,3	109,0	93,4	123,0	81,3	70,3
Sejet . . . . .	34,7	17,1	27,2	23,4	22,6	18,3	18,4	14,7	11,9
Blangstedgård . . . . .	48,0	22,5	28,9	22,4	19,6	15,2	18,1	13,7	12,1
Askov lermark . . . . .	26,0	17,8	23,2	20,6	20,4	17,7	20,6	17,4	14,2
Hornum . . . . .	60,5	26,5	29,5	22,6	18,0	12,4	12,3	9,7	7,5
Askov sandmark . . . . .	61,3	28,3	34,3	26,8	20,1	11,3	12,1	10,1	9,3
Lundgård . . . . .	32,7	17,4	22,8	17,4	14,8	8,4	13,9	9,2	6,9
Jyndeved . . . . .	32,2	19,4	20,5	19,6	16,3	9,3	15,5	8,3	8,2
Vejen mose . . . . .	27,5	15,1	24,0	22,8	23,5	18,9	18,5	15,9	14,8

Tabel 22. Bortførelse af natrium i afgrøde og vand, g Na/m<sup>2</sup>

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk . . . . .	82,3	72,3	65,2	36,8	64,3	60,3	53,0	42,2	37,5	513,9
Sejet . . . . .	9,2	5,6	6,9	7,4	12,2	11,5	5,9	7,6	5,9	72,2
Blangstedgård . . . . .	13,3	8,1	9,5	7,7	9,7	8,7	5,4	6,8	6,0	75,2
Askov lermark . . . . .	7,6	6,0	7,4	6,6	11,3	11,7	8,6	9,3	8,3	76,8
Hornum . . . . .	16,1	8,1	8,3	6,8	9,1	7,9	4,7	5,5	5,1	71,6
Askov sandmark . . . . .	20,1	9,6	11,4	9,1	11,8	9,2	5,0	6,2	5,7	88,1
Lundgård . . . . .	12,5	5,1	6,6	5,5	10,1	7,4	6,2	6,9	4,7	65,0
Jyndeved . . . . .	12,8	6,9	6,9	6,7	11,0	7,6	6,9	5,4	5,1	69,3
Vejen mose . . . . .	10,8	6,9	9,6	7,8	16,2	12,8	9,6	10,7	8,4	92,8

ses for muligt, at den med kalksalpeter forøgede calciumtilførelse har frigjort natrium fra jordkolloiderne ved ombytning.

Bortset fra marsken bortføres der i 1964/65 4-8 g Na/m<sup>2</sup>, hvoraf størstedelen er udvasket. Den natriummængde, der kan beregnes at være tilført med nedbøren (2,4 g Na/m<sup>2</sup>/år), ligger noget lavere end bortførelsen, ligesom det var tilfældet for chlorid og svovl.

### Kalium

Indholdet af kalium i græs og vand fremgår af tabel 23-24.

Variationen i græsset går fra 0,60 til 2,92 % K i tørstof. *Henriksen* (6) angiver for 143 prøver af græsmarksafgrøder en variation i kaliumindhold på 1,62 - 4,15 % og et gennemsnit på 2,77 % K i tørstof. I de gamle forsøg på Askov (10) er der ved høstet fundet 1,7 % K i kløvergræs fra NPK-parceller og ca. 1 % K i græstørstof fra parceller, der kun har fået tilført kvælstof.

Ifølge tabel 23 har ca. halvdelen af græs-

prøverne et kaliumindhold under 1,6 % K. Det lave indhold findes allerede i 1957 i prøverne fra Vejen mose og Jyndeved, og det breder sig billedligt talt (se tabellen) med årene op over prøverne fra Lundgård, Askov sandmark, Hornum og Askov lermark samt Sejet, mens prøverne fra Blangstedgård og Ribe marsk gennem alle årene holder sig over denne grænse.

Selv om 1,6 % er en tilfældigt valgt grænse, der ikke er udtryk for kaliummangel, illustrerer bevægelsen over denne grænse dog, at der finder en udpining sted. Det er interessant, at afgrøden på Hornum-jorden når grænsen ca. fire år før afgrøden på Blangstedgård-jorden, skønt den sidste starter i forsøget med det laveste kaliumtal. Man må heraf slutte, at sandjorden fra Hornum har opnået sit høje kaliumtal som følge af rigelig tilførelse af kaliumgødning, mens lerjorden fra Blangstedgård trækker på reserver, der ikke finder udtryk i kaliumtallet. Det forhold, at der ikke er nogen tydelig forskel på det tørstofudbytte, der er høstet fra de to jorder i 1964 (tabel 4), på trods af at græsset fra

Hornum-jorden kun holder 0,79 % K i tørstof, mens Blangstedgård-græsset holder 1,66 %, kunne tyde på, at grænsen for kaliummangel ligger under 0,79 % K i tørstoffet. (I 1964, hvor græsset efter 3. slæt visnede bort i det ene af karrene med Lundgård-jord, antagelig på grund af kaliummangel, fandtes 0,49 % K i græstørstoffet fra dette kar).

I vandet varierer kaliumindholdet fra 40 til 2 mg/l. For alle jorder aftager vandets kaliumindhold gennem årene og er i 1964/65 på

2-11 mg K/l vand. *Maschhaupt* (14) fandt for marskjord i perioden 1918-1937 et koncentrationsfald fra 43 til 12 mg K/l, mens *Ødelien* og *Vidme* (21) som gennemsnit for 5 år fandt 12 mg K/l.

Kaliumbortførselen i græs og vand, (tabel 25) viser ikke noget tydeligt fald gennem årene, selv om der for de fleste jorder er tale om et fald gennem de første fire år og derefter en stigning i femte til sjette, hvorefter faldet fortsætter, samme linie som fandtes for natrium.

Tabel 23. Mineralstofoptagelse i græs, pct. K i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	1,70	2,24	2,50	2,52	2,92	2,79	2,41	2,66	2,30
Sejet.....	1,28	1,91	2,45	2,19	2,16	1,62	1,90	1,19	0,93
Blangstedgård.....	1,33	1,73	2,72	2,27	2,56	2,21	2,89	2,04	1,66
Askov lermark.....	1,22	1,92	2,56	2,39	2,57	1,83	1,96	1,05	1,08
Hornum.....	1,56	1,74	2,15	1,83	1,85	1,39	1,26	0,78	0,79
Askov sandmark.....	1,29	1,75	2,28	1,88	1,71	1,20	1,44	0,96	1,01
Lundgård.....	1,10	1,73	2,05	1,79	1,29	0,79	1,02	0,61	0,60
Jydevad.....	1,29	1,31	1,36	1,06	1,13	0,84	1,28	0,83	0,91
Vejen mose.....	—	1,18	1,21	0,78	1,30	0,92	1,71	1,10	1,29

Tabel 24. Mineralstofudvaskning, mg K/liter

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk.....	40,1	24,1	21,6	21,1	14,8	16,8	12,3	9,7	11,5
Sejet.....	19,5	9,1	7,9	6,6	4,1	3,6	3,2	2,3	2,0
Blangstedgård.....	16,7	10,0	7,9	5,6	4,6	3,1	3,7	2,8	2,5
Askov lermark.....	13,2	11,8	10,3	8,0	8,5	8,3	9,3	7,9	7,8
Hornum.....	35,0	38,2	34,2	25,2	23,9	21,7	19,3	16,0	11,1
Askov sandmark.....	28,2	30,6	35,4	31,9	24,0	18,0	15,9	9,3	6,5
Lundgård.....	16,4	18,1	17,2	13,9	11,5	9,8	9,6	6,6	4,7
Jydevad.....	16,8	13,9	11,5	8,8	9,0	7,4	7,1	4,6	3,2
Vejen mose.....	25,0	19,4	19,4	17,4	15,5	13,7	12,8	10,6	10,6

Tabel 25. Bortførsel af kalium i afgrøde og vand, g K/m<sup>2</sup>/år

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk.....	25,0	25,6	33,3	22,4	35,9	54,2	15,6	37,5	20,0	269,5
Sejet.....	17,8	10,0	23,4	9,9	21,9	22,2	9,8	13,8	18,9	147,7
Blangstedgård.....	16,5	7,9	23,4	8,7	24,6	29,7	15,4	23,1	15,7	165,0
Askov lermark.....	11,0	10,0	23,9	14,8	28,9	26,9	11,4	11,6	8,8	147,3
Hornum.....	24,5	15,9	27,6	14,9	29,8	29,0	12,1	15,0	10,4	179,2
Askov sandmark.....	17,7	13,3	24,7	15,3	28,0	23,6	12,1	15,2	8,9	158,8
Lundgård.....	12,3	7,8	17,3	9,8	18,3	14,0	6,5	8,4	4,7	99,1
Jydevad.....	10,0	9,0	12,5	6,7	13,4	12,0	5,9	8,4	5,4	83,3
Vejen mose.....	9,8	9,2	9,2	7,7	11,9	11,7	7,2	8,9	7,6	83,2

Tabel 26. Bortførsel af kalium ved udvaskning, g K/m<sup>2</sup>/år

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk.....	9,9	9,1	7,5	7,1	8,6	10,5	5,3	4,9	6,0	68,9
Sejet.....	4,8	2,8	1,8	2,1	2,0	1,9	0,9	1,0	0,8	18,1
Blangstedgård....	4,5	3,6	2,5	1,9	2,1	1,6	1,0	1,2	1,0	19,4
Askov lermark....	3,8	3,8	3,1	2,5	4,4	4,9	3,7	4,0	4,1	34,3
Hornum.....	9,1	11,5	9,1	7,5	10,7	11,6	5,9	7,0	4,6	77,0
Askov sandmark .	9,0	10,3	11,5	10,7	12,9	12,1	5,8	4,9	3,3	80,5
Lundgård.....	6,2	5,2	4,7	4,3	6,6	6,1	3,7	4,0	2,5	43,3
Jyndeved.....	6,3	4,5	3,1	2,7	5,3	4,8	2,7	2,4	1,6	33,4
Vejen mose.....	9,8	8,8	7,8	5,9	10,7	9,2	6,6	7,1	6,5	72,4

Stigningen i femte år følger stigningen i mængden af vand og i tilført kalksalpeter, der er ikke den tilsvarende stigning i kaliumkoncentrationen, som viste sig for natriumkoncentrationen; men det må alligevel anses for sandsynligt, at en del af stigningen i kaliumafgivelsen skyldes udbytning med calcium. Ved eluering af jordsøjler med calciumchlorid fandt *Poulsen* og *Dalbro* (18) en betydeligt større udvaskning af kalium og navnlig af magnesium end ved eluering med destilleret vand.

Udvaskningen af kalium (tab. 26) er for de fleste jorder faldende med årene, mest for sandjorder, mindst for mose og marsk. I løbet af ni år er der udvasket betydeligt større kaliummængder fra de gode sandjorder, Hornum og

med kortere eller længere tids udpining.

Den stærke variation mellem tallene kan skyldes, at jorderne har haft forskellig forhistorie. Det må have stor betydning for udvaskningens størrelse, om den jord, der er anvendt, har været i god eller dårlig gødningstilstand ved forsøgets begyndelse, og ligeledes om gennemsnittet er udregnet på grundlag af kortere eller længere tids udpining. Endelig vil udpiningsshastigheden afhænge af nedbørens mængde og kaliumindhold samt af kaliumfrigørelse ved forvitring.

I et udvaskningsforsøg foretaget 1943-44 i glasserede rør i laboratoriet, *Karsten Iversen* (9), anvendtes bl.a. jord fra Askov lermark, Askov sandmark, Lundgård og Vejen mose,

Forfatter	Antal		Nedbør mm/år	g K/m <sup>2</sup> /år	Karvæg
	år	Jordtype			
Harrold ( 3)	9	siltloam	1000	1,1	asfalteret beton
Iversen ( 8)	6	lerjord	581	0,4	» zink
Maschhaupt (14)	6	marsk	700	4,7	syrefaste fiiser
Pfaff (16)	15	lerjord	580	1,6	beton
» (»)	15	sandjord	»	1,6	»
Ødelien og Vidme (21)	5	lerjord	760	4,6	asfalteret beton

Askov sandmark, end fra de gode lerjorder, Sejet og Blangstedgård.

Til sammenligning anføres resultater af målinger af kaliumudvaskning fra ugødet jord

samt spagnum tørvestrøelse, 35 cm jordsøjle. Med en vandtilførsel (ledningsvand) på henholdsvis 340 mm og 2830 mm fandtes følgende udvaskningsmængder fra ugødet jord:

	g K/m <sup>2</sup> /år			
	1943/44	1956/65	1964/65	
Gennemsvivningsvand mm .	340	2830	817	786
Askov lermark . . . . .	0,7	5,7	3,8	4,1
Askov sandmark . . . . .	0,7	6,2	8,9	3,3
Lundgård . . . . .	0,8	—	4,8	2,5
Vejen mose . . . . .	2,0	5,2	8,0	6,5
Sphagnumstrøelse . . . . .	0,3	5,9	—	—

En sammenligning med gennemsnitstallene fra lysimeterforsøget i 1956-65 viser, at disse tal er af nogenlunde samme størrelsesorden som de tal, der fandtes i 1943-44 ved en éngangsudvaskning med 2830 mm vand, mens de er 5-10 gange så høje som tallene efter udvaskning med 340 mm vand. Tallene for 1964/65 er noget lavere end gennemsnittet.

### Magnesium

Det procentiske indhold i afgrøden fremgår af tabel 27. Indholdet varierer fra 0,06 til 0,37 pct. Mg i græstørstof. I store træk er procenten stigende med årene. De høje værdier for Ribe marsk og Jynde vad i 1956 skyldes muligvis, at der var meget ukrudt i bygafgrøden.

Henriksen (6) anfører for 148 prøver en variation fra 0,09 til 0,32 pct. Mg. Med hensyn til gødskningens indflydelse på magnesiumindholdet i græs nævner han, at stigende nitratgødning vil forøge Mg indholdet, mens tilførsel af kali vil nedsætte det. Her er salpetertilførslen øget samtidig med at kaliumindholdet i jorden er faldet. Dette kan måske være forklaringen på stigningen.

I vandet (tabel 28) falder magnesiumkoncentrationen de første fire år, hvorefter den stiger noget i årene 1960-61, hvor den kraftige salpetergødskning begynder. Kun for Jynde vad-jorden er der målt et tydeligt koncentrationsfald i vandet efter 1961.

Tabel 27. Mineralstofoptagelse i græs, pct. Mg i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk . . . . .	0,28	0,22	0,19	0,20	0,21	0,17	0,25	0,25	0,22
Sejet . . . . .	0,07	0,16	0,14	0,18	0,17	0,18	0,37	0,29	0,27
Blangstedgård . . . . .	0,07	0,15	0,14	0,18	0,15	0,16	0,28	0,23	0,21
Askov lermark . . . . .	0,10	0,14	0,17	0,19	0,21	0,18	0,31	0,24	0,26
Hornum . . . . .	0,07	0,13	0,14	0,16	0,19	0,17	0,30	0,27	0,25
Askov sandmark . . . . .	0,06	0,12	0,12	0,17	0,16	0,16	0,26	0,20	0,11
Lundgård . . . . .	0,09	0,14	0,15	0,17	0,22	0,22	0,31	0,26	0,19
Jynde vad . . . . .	0,27	0,18	0,14	0,18	0,22	0,20	0,27	0,20	0,15
Vejen mose . . . . .	—	0,17	0,13	0,15	0,17	0,13	0,15	0,10	0,09

Tabel 28. Mineralstofudvaskning, mg Mg/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk . . . . .	11,12	10,70	10,60	6,38	7,01	7,45	9,42	6,56	5,24
Sejet . . . . .	13,21	3,32	3,96	2,87	3,21	3,14	2,71	2,31	3,65
Blangstedgård . . . . .	8,43	4,67	5,40	3,82	4,95	5,00	4,15	3,95	5,41
Askov lermark . . . . .	1,83	3,71	0,97	0,30	1,26	2,51	3,40	2,43	3,28
Hornum . . . . .	4,35	3,79	4,17	1,99	3,09	3,58	3,89	2,41	2,70
Askov sandmark . . . . .	1,29	1,10	2,54	2,61	2,52	2,54	1,83	1,09	1,37
Lundgård . . . . .	1,58	1,03	0,78	0,79	0,86	1,72	1,85	0,90	1,98
Jynde vad . . . . .	0,85	1,07	0,21	0,03	1,26	1,80	1,26	0,35	0,35
Vejen mose . . . . .	2,73	3,50	3,34	3,04	4,70	5,47	4,42	5,07	4,86

Bortførsel af magnesium ved udvaskning varierer mellem 0,01 og 4,1 g Mg/m<sup>2</sup>/år. Til sammenligning tjener, at *Harrold* (3) gennem 9 år fandt en variation mellem 0,2 og 0,9 g Mg/m<sup>2</sup>/år fra silt loam, at *Pfaff* (17) fandt 1,4 g Mg/m<sup>2</sup>/år fra sand og ler, ugødet gennem 15 år; og *Maschhaupt* (14), som gennemsnit for tre ugødede år 4,3 g Mg/m<sup>2</sup>/år for marskjord. Ved en beregning baseret på analyser af vandløbsvand og den årlige middelfaststrømning fandt *Henriksen* (5) en gennemsnitlig magnesiumudvaskning fra danske jorder på 1,5 g Mg/m<sup>2</sup>/år.

I løbet af 9 år er der i afgrøde og vand til sammen bortført fra 13 til 49 g Mg/m<sup>2</sup> (tabel 29). Hornum-jorden og mosejorden ligger på højde med lerjorderne fra Sejet og Blangstedgård med en bortførsel på 24 g Mg, mens de tre sandjorder, Askov, Lundgård og Jynde vad har leveret fra 13 til 16 g Mg.

## Calcium

Indholdet af Ca i græstørstof angives af *Henriksen* (6) til 0,80 pct. som gennemsnit af 148 prøver, variationen er 0,30 – 1,47.

I græsset (tabel 30) er fundet fra 0,36 til 1,27 pct. Ca, procenten stiger med årene, ligesom det var tilfældet for magnesium. Man må erindre, at der er tilført calcium med kalksalpeter. For vandets vedkommende, (tabel 31) er Ca-indholdet også stort set stigende med årene. Indholdet ligger mellem 16 og 101 mg Ca/l. *Ødelien* og *Vidme* (25) fandt fra ugødet jord (pH 6,2) ca. 19 mg Ca/l og *Maschhaupt* (14) fra 136 til 646 mg Ca/l fra en jord med 10 pct. CaCO<sub>3</sub>, de højeste tal angives at hidrøre fra perioder med kraftig nitrifikation.

De bortførte Ca-mængder fremgår af tabel 32. Der er bortført fra 6 til 58 g Ca/m<sup>2</sup>/år. *Ødelien* og *Vidme* finder 7-9 g Ca/m<sup>2</sup>/år og *Maschhaupt* gennemsnitlig 66 g Ca/m<sup>2</sup>/år. Til-

Tabel 29. Bortførsel af magnesium i afgrøde og vand, g Mg/m<sup>2</sup>/år

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk.....	5,23	5,64	5,67	3,36	6,06	7,33	5,09	6,37	4,48	49,23
Sejet.....	3,98	1,64	2,16	1,53	3,14	3,95	2,48	4,16	3,59	26,63
Blangstedgård....	2,89	2,04	2,79	1,82	3,60	4,62	2,55	4,22	4,02	28,55
Askov lermark....	1,12	1,65	1,67	1,07	2,65	3,66	2,58	2,97	3,21	20,58
Hornum.....	1,82	1,47	2,31	1,24	3,35	4,12	2,64	3,84	3,48	24,27
Askov sandmark .	0,82	0,57	1,51	1,30	2,77	3,24	1,79	2,71	1,48	16,19
Lundgård.....	1,09	0,51	1,13	0,76	2,49	3,28	1,57	2,42	1,96	15,21
Jynde vad.....	1,09	0,96	1,02	0,69	2,31	2,89	1,15	1,62	0,98	12,71
Vejen mose.....	1,08	1,65	1,49	1,37	4,82	4,04	2,34	3,57	2,87	23,23

Tabel 30. Mineralstofoptagelse i græs, pct. Ca i tørstof

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Ribe marsk.....	0,29	0,36	0,44	0,38	0,45	0,43	0,62	0,58	0,58
Sejet.....	0,33	0,55	0,69	0,70	0,64	0,67	1,12	0,92	0,91
Blangstedgård.....	0,33	0,57	0,68	0,65	0,64	0,57	0,90	0,77	0,72
Askov lermark.....	0,23	0,59	0,58	0,73	0,63	0,60	0,90	0,83	0,82
Hornum.....	0,29	0,52	0,57	0,68	0,68	0,74	1,01	0,90	0,87
Askov sandmark.....	0,37	0,55	0,65	0,69	0,76	0,79	0,99	0,96	1,01
Lundgård.....	0,29	0,59	0,73	0,72	0,80	0,90	1,27	1,06	1,03
Jynde vad.....	0,46	0,85	0,73	0,77	0,86	0,86	1,12	1,04	0,96
Vejen mose.....	—	0,45	0,56	0,86	0,74	0,53	0,59	0,46	0,47



førslen (tabel 3) hidrører fra kalksalpeter, der har et indhold af Ca på 20 pct., og nedbør, der pr. år tilfører 0,55 g Ca/m<sup>2</sup>, samt vandingsvand med et indhold på 79,0 mg Ca/l. Desuden er i 1957 Jyndeved-jorden og mosejorden blevet kalket, hvorved de har fået tilført henholdsvis 161 og 321 g Ca/m<sup>2</sup> som CaCO<sub>3</sub>. En udregning af calciumbalancen udtrykt ved differencen mellem tilført og bortført calcium

er vist tabel 33. Er differencen positiv, betyder det, at den calciummængde, der er tilført i gødning, vand og kalk, kun delvis er blevet udvasket igen, mens et negativt tal tyder på, at der foruden den tilførte mængde også er udvasket calcium af jordens beholdning. I 1956 og 1957 er der tæret på jordens beholdning, bortset fra de to kalkede jorder, men i de næste år har kun de to af lerjorderne (Sejet

Tabel 31. Mineralstofudvaskning, mg Ca/liter vand

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65
Ribe marsk.....	22,3	26,4	30,2	23,4	27,8	22,4	31,1	27,3	27,4
Sejet.....	54,2	82,5	87,2	74,8	88,3	80,0	84,1	81,5	69,9
Blangstedgård.....	55,5	71,6	42,7	73,4	42,9	76,5	88,6	84,3	73,4
Askov lermark.....	16,0	26,9	22,5	27,3	28,6	34,7	35,6	40,1	41,9
Hornum.....	42,7	77,1	101,2	68,5	80,7	88,0	89,1	83,4	60,0
Askov sandmark.....	33,5	25,9	28,5	47,6	51,7	56,0	62,6	64,1	55,7
Lundgård.....	27,7	31,1	29,8	32,7	30,5	46,4	64,8	61,2	55,2
Jyndeved.....	19,7	25,7	23,6	27,7	42,7	62,7	75,0	58,0	50,1
Vejen mose.....	29,5	52,5	55,6	54,8	66,7	75,2	77,7	77,2	76,4

Tabel 32. Bortførsel af calcium i afgrøde og vand, g Ca/m<sup>2</sup>/år

	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Ribe marsk.....	8,1	12,6	15,1	10,2	20,4	20,8	15,9	20,9	18,9	142,9
Sejet.....	16,7	27,7	26,5	25,7	49,2	51,8	28,6	46,3	34,1	306,6
Blangstedgård....	17,9	26,9	18,8	26,7	25,4	46,9	29,1	45,7	35,7	273,1
Askov lermark...	5,9	10,6	11,4	12,3	20,7	27,9	17,8	26,3	26,9	159,8
Hornum.....	13,9	24,6	31,8	23,1	43,3	58,3	32,0	45,7	33,1	305,8
Askov sandmark..	13,2	9,6	13,0	17,7	34,6	45,3	27,0	43,8	35,4	239,6
Lundgård.....	12,0	9,8	12,6	12,4	24,7	37,9	28,3	44,9	34,1	216,7
Jyndeved.....	8,6	11,2	11,4	11,5	31,3	48,0	31,5	37,7	30,8	222,0
Vejen mose.....	11,6	23,9	22,9	20,5	46,7	52,1	40,5	52,6	44,1	314,9
Genst. af 9 led...	12,0	17,4	18,2	17,8	32,9	43,2	27,9	40,4	32,6	242,4

Tabel 33. Calciumbalance. Tilført ÷ bortført, g Ca/m<sup>2</sup>/år

Rt	1955	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64	1964/65	Ialt
Vejen mose..	3,8	÷ 6	307	÷ 6	0	0	÷ 11	÷ 8	÷ 20	÷ 10	246
Jyndeved....	5,1	÷ 3	160	6	9	16	÷ 7	1	÷ 5	3	180
Ribe marsk..	6,3	÷ 2	÷ 3	2	10	27	20	16	12	15	97
Askov lerm..	5,4	0	÷ 1	5	8	26	13	14	7	7	79
Lundgård....	6,4	÷ 6	0	4	8	22	3	4	÷ 12	0	23
Askov sandm.	6,6	÷ 7	0	4	3	12	÷ 4	5	÷ 11	÷ 1	1
Blangstedg..	6,8	÷ 12	÷ 17	÷ 2	÷ 6	22	÷ 6	3	÷ 13	÷ 2	÷ 33
Hornum.....	6,6	÷ 8	÷ 15	÷ 15	÷ 3	4	÷ 17	0	÷ 13	1	÷ 66
Sejet.....	6,8	÷ 11	÷ 18	÷ 10	÷ 5	÷ 2	÷ 11	4	÷ 13	0	÷ 66

og Blangstedgård) samt Hornum-jorden og mosejorden leveret calciummængder af nogen betydelig størrelse, mens i modsætning hertil jorderne fra Ribe marsk og Askov lermark har fastholdt en betydelig del af tilført calcium.

En sammenligning af calciumbalancen med jordernes reaktionstal viser, at jo højere dette er desto større er muligheden for, at der tabes calcium fra jordens beholdning.

### Oversigt

I lysimeteranlægget på Askov forsøgsstation blev i 1955 samlet ni jorder af forskellig herkomst.

Fra foråret 1956 til foråret 1965 er der tilført kalksalpeter som eneste gødning til græs, og bortførslen af en række stoffer er fulgt ved analyser i afgrøde og drænvand.

På grund af, at forsøget fortsætter efter opgødskninng i foråret 1965, kan der ikke med jordbundsanalyser gøres rede for udpiningsforsøgets indvirkning på jorden.

Den årlige bortførsel i afgrøde og vand fremgår af tabel 34.

Som tallene viser, er der ret stor forskel på de næringsstofmængder, som planterne har kunnet optage fra de forskellige jordprøver og desuden er der en afhængighed mellem optagne og udvaskede mængder, idet en stor afgrøde vil formindske såvel den mineralstofmængde, der kan udvaskes, som den vandmængde, der transporterer stofferne ud af jorden. Ifølge *Pfaff* (15) vil alle foranstaltninger, der fremmer plantevæksten (også vanding) virke hæmmende på udvaskningen. Når der opstår misvækst, vil en forholdsvis større del af næringsstofferne gå tabt med vandet. Dette fremgår

Tabel 34. Gennemsnitlig årlig næringsstofbortførsel i afgrøde og i vand fra de forskellige jordtyper

	Tørstof	Optaget i afgrøde, g/m <sup>2</sup> /år 1956-1964							
		Cl	S	N	P	Na	K	Mg	Ca
Ribe marsk . . . . .	912	7,8	1,9	19,0	2,8	1,4	22,2	2,0	4,1
Sejet . . . . .	796	4,8	1,3	15,6	2,1	0,8	14,4	1,6	5,6
Blangstedgård . . . . .	736	4,3	1,2	15,1	2,2	0,5	16,1	1,3	4,8
Askov lermark . . . . .	676	3,9	1,3	14,6	1,4	0,5	12,6	1,3	4,4
Hornum . . . . .	805	4,5	1,3	15,4	2,5	0,8	11,3	1,5	5,6
Askov sandmark . . . . .	636	3,7	1,0	12,1	1,7	0,7	8,7	1,0	5,0
Lundgård . . . . .	557	2,9	0,9	11,3	1,8	0,9	6,2	1,1	4,6
Jydevad . . . . .	530	3,0	1,1	12,3	1,0	1,0	5,6	1,0	4,6
Vejen mose . . . . .	119	0,4	0,2	2,5	0,1	0,0	1,2	0,3	0,7

	Vand*)	Udvasket med gennemløbsvand, g/m <sup>2</sup> /år 1956/57-1964/65							
		Cl	S	N	HCO <sub>3</sub>	Na	K	Mg	Ca
Ribe marsk . . . . .	442	17,5	13,2	0,9	125,2	55,7	7,7	3,5	11,7
Sejet . . . . .	360	2,3	1,8	0,5	101,5	7,2	2,0	1,4	28,4
Blangstedgård . . . . .	376	2,8	1,7	0,7	96,7	7,8	2,2	1,9	25,5
Askov lermark . . . . .	418	3,2	2,2	3,5	44,4	8,0	3,8	1,0	13,4
Hornum . . . . .	365	3,3	1,9	1,0	103,0	7,1	8,6	1,2	28,4
Askov sandmark . . . . .	436	4,1	2,5	0,7	86,7	9,1	8,9	0,8	21,6
Lundgård . . . . .	440	3,6	1,8	3,1	61,1	6,4	4,8	0,6	19,4
Jydevad . . . . .	437	4,1	2,3	4,2	54,4	6,7	3,7	0,4	20,1
Vejen mose . . . . .	523	7,4	3,6	4,3	104,9	10,3	8,0	2,3	34,3

\*) mm = kg/m<sup>2</sup>

Tabel 35. Gennemsnitlig årlig næringsstofbortførelse i gennemsningsvand fra forskellige lysimeterforsøg, g/m<sup>2</sup>/år

Forfatter	Jord	Gødsk- ning	Antal år	Antal							
				Cl	S	N	P	Na	K	Mg	Ca
Harrold (3)	siltloam	÷	8	—	1,2	0,4	—	—	1,1	0,5	1,5
»	»	+	8	—	1,5	0,1	—	—	1,4	0,6	1,8
Iversen (8)	ler	÷	6	—	—	0,4	0	—	0,4	—	—
		+	—	—	—	4,8	—	—	0,5	—	—
Köhnlein (11)	marsk	+	4	—	—	4,5	0,1	—	7,3	4,2	45,1
»	brunj.	+	4	—	—	7,1	0,0	—	8,8	1,9	46,4
»	sand	+	4	—	—	3,6	0,1	—	5,5	0,7	36,6
Maschhaupt	marsk	+	15	5,9	21,2	5,5	0	8,4	5,7	4,0	58,7
Pfaff (15-17)	ler	÷	15	2,7	8,5	2,0	0,2	3,4	1,6	1,5	17,2
»	sand	÷	15	2,6	8,4	2,6	0,4	2,6	1,6	1,4	20,3
Ødelien (21)	ler	÷	5	1,9	4,2	1,2	0	—	4,6	—	7,8
»	»	+	5	2,3	4,5	1,3	0	—	4,6	—	8,0

blandt andet af tabel 15, som viser udvaskningstab for kvælstof.

En sammenligning af optagne og udvaskede mængder viser, at nogle af de undersøgte stoffer fortrinsvis fjernes af planterne, mens andre fortrinsvis udvaskes. Det vil tildels afhænge af forholdene, om et stof udvaskes eller optages, men det synes dog som om største delen af de kvælstof-, fosfor- og kaliummængder, der er bortført fra jorden er blevet optaget af planterne, mens natrium, calcium og svovl især er udvasket. Udvasningen vil sandsynligvis være dominerende for chlorid på jord, der gødes med chloridholdige gødninger, men i dette forsøg, hvor chloridtilførslen stammer fra nedbør og chloridholdig luft, udgør planternes optagelse en forholdsvis stor part, eventuelt har en del af den fundne chloridmængde ikke været optaget, men kun klæbet til græssets overflade.

Bortførslen af de enkelte stoffer gennem årene synes dels at være bestemt af den tidligere gødskning, samt tilførsel og bortførsel med nedbør dels af den varierende tilførsel af kalksalpeter. Den stimulering af græssets vækst, der har været en følge af kvælstoftilførslen, har forårsaget større bortførsel af mineralstoffer fra jorden, tildels muliggjort af kationombytning med calcium. Forsøgets resultater understreger betydningen af, at udvaskningstab også måles på normalgødet jord.

Til sammenligning med udvaskningstallene

anføres i tabel 35 resultater fra andre lysimeterforsøg.

Tallene i de to tabeller viser ret god overensstemmelse mellem de gødede forsøg i tabel 35 og de stoffer (N og Ca), der er tilført Askov-forsøget med gødningen.

Med hensyn til natrium og kalium svarer Askov-tallene nærmest til udvasningen fra gødede forsøg, skønt tilførslen i Askov-forsøget skulle være begrænset til de mængder, der kommer med nedbør og luft. Den gødede afdeling af Harrolds forsøg, har kun været svagt gødet og jorden i forvejen udpint. Forholdet mellem udvasket Na og Ca er på det nærmeste ombyttet for Ribe marsk og Maschhaupt's marsk fra Groningen. Det kan dels ligge i, at der i Groningen kun blev anvendt jord fra pløjelaget i modsætning til, at der i Ribe blev taget en fuld profil på 1 m dybde, og indholdet af Na i marskjorden stiger med tiltagende dybde, men dertil kommer, at mens Ribe-jorden ikke giver reaktion for karbonat, er der i 1918 fundet 10 % CaCO<sub>3</sub> i jorden fra Groningen. Köhnleins tal gælder for overjord, 0-30 cm.

For Askov-forsøget som helhed kan det siges, at P ikke udvaskes, og at der er større udvaskning af N og K fra sandjord end fra lerjord, mens marsk og mose i mange tilfælde indtager en særstilling på grund af højt indhold. For magnesiums vedkommende synes lerjord at give mere end sandjord, men årsagen er sand-

synligvis, at de tre af sandjorderne kun indeholder små magnesiummængder. Udvaskningstabets størrelse afhænger af jordens indhold af et givet stof, tilførsel af næringsstoffer og af drænvandsmængden, men denne er igen afhængig af henholdsvis næringsstofftilførsel og afgrødestørrelse, samt nedbør. De næringsstofmængder, der tilføres udover planternes behov, vil i det lange løb gå tabt ved udvaskning, hvis nedbøren er større end fordampningen. I modsat fald vil de ophobes og resultere i »saltjord«.

## Summary

### *Removal of plant nutrients from grass-covered soils in lysimeters*

Large samples of nine soils of different type and origin, including three loam field soils, four sand field soils, one heavy sea marsh soil and one high-moor peat soil, were placed in lysimeters of 1.0 m diameter and 1.15 m depth at Askov Experimental Station, sown to a mixture of grasses and exposed to natural precipitation. Nitrate of lime was added as sole fertilizer. The removal of (1) chloride, (2) sulphur, (3) nitrogen as ammonia plus nitrate, (4) phosphorus, (5) sodium, (6) potassium, (7) magnesium, and (8) calcium was determined during nine successive years from 1956 to 1965, partly as plant uptake and partly as leaching losses in drainage water, the latter also including (10) bicarbonate ion.

Table 34 gives an account of the annual losses due to both causes. There are considerable differences in the amounts of nutrients taken up by the plants from the individual soils, and uptake and leaching are negatively correlated inasmuch as a heavy crop will reduce the amount of leachable mineral nutrients as well as the volume of water that removes the nutrients from the soil. Upon the whole, measures to improve plant growth (including irrigation) will reduce the leaching (cf. Pfaff (15)). Crop failure, as seen occasionally in moor and sand soil, is attended by a comparatively large loss of nutrients by leaching (cf. nitrogen losses in Table 15).

Nitrogen, phosphorus and potassium seemed to be removed chiefly by plant uptake, and sodium, calcium and sulphur largely by leaching. Losses

of chloride by leaching would be expected in soils receiving chloride-containing fertilizers, but in the present experiments where the atmosphere and the precipitation were the only chloride sources plant uptake may have been the dominant factor.

The removal of the various elements throughout the course of the experiment seems to be influenced partly by the changed climatic conditions due to the transport of the soils to the experimental site at Askov, and partly by the variable addition of nitrate of lime. The increased growth of the grass following the application of this fertilizer has entailed an increased removal of other mineral nutrients, a process which has been rendered possible by cation exchange against calcium.

The experimental results stress the importance of also measuring the leaching losses from normally fertilized soils.

The data in Table 35 show the leaching losses in other lysimeter experiments in Denmark and other countries, where the results agree fairly well with the amounts of sodium and calcium in the Askov experiments.

As a whole the present experiments lead to the conclusions that (1) phosphorus is not lost by leaching, (2) leaching is stronger from sand than from loam soils, while (3) sea marsh and moor soil occupy a special position owing to their high nutrient content. Loam soils seem to lose more magnesium than the sand soils, probably because three of these were quite poor in this element.

The extent of loss by leaching depends on (1) the soil content of a particular element, (2) the addition of plant nutrients, and (3) the amount of drainage water which again depends on nutrient application, size of crop, and amount of precipitation. Nutrients added in excess of crop requirements are gradually lost by leaching if precipitation exceeds evaporation, while in the opposite case the nutrients will accumulate and lead to the development of »saline soil«.

## Litteratur

1. Bondorff, K. A. (1939). Landbrugets Jorddyrking II, Gødningslæren. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.
2. Benjaminsen, J. (1954). Undersøgelser over udvaskningen af fosforsyre og kalium i forskellige jordtyper. Tidsskrift for Planteavl 57, side 99-107.

3. *Harrold, L. L. & F. R. Dreibelbis* (1951). Agricultural Hydrologi as evaluated by Monolith Lysimeters. U.S.D.A. tecn. bull. no 1050, dec. 1951.
4. *Henriksen, Aage*. (1960). Om bestemmelse af calcium, magnesium, kalium og natrium i plantemateriale. Tidsskrift for Planteavl 64, side 530-552.
5. *Henriksen, Aage*. (1964). Om danske landbrugsjorders magnesiumtilstand og afgrødernes magnesiumforsyning. Tidsskrift for Planteavl 67, side 733-783.
6. *Henriksen, Aage*. (1965). Om afgrødernes mineralstofindhold. Tidsskrift for Planteavl 68, side 784-803.
7. *Hofmann, E. & G. Hoffmann*. (1962). Über Herkunft und Weg des Kohlendioxyds im Boden. Z.Pfl. Düng. u. Bodenk. 97, side 97-100.
8. *Iversen, K.* (1943). Staldgødningens og Kunstgødningens Kvælstof-, Fosforsyre- og Kalivirkning - 4. Karforsøg 1928-33. Tidsskrift for Planteavl 47, side 66-69.
9. *Iversen, K.* (1945). Udvaskning af fosforsyre og kali. Tidsskrift for Planteavl 50, (389 ber.), side 106-125.
10. *Jensen, J.* (1962). Undersøgelser over nedbørens indhold af plantenæringsstoffer. Tidsskrift for Planteavl 65, side 894-906.
11. *Köhnlein, J., M. Oehring & G. Spielhaus*. (1966). Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume von sechs schleswig-holsteinischen Böden in der Unterboden. Zeitschr. f. Acker u. Pflanzenbau, Bd. 124, side 212-233.
12. *Låg, J.* (1963). Tilføring av plantenæringsstoffer med nedbøren i Norge. Forskning og forsøk i landbruket 14, side 553-564.
13. *Maschhaupt, J. G.* (1938). Lysimeter-undersøkingen aan het Rijkslandbouw-proefstation te Groningen en elders. I. Regenval, drainage en verdamping. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen nr. 44, side 1-184.
14. *Maschhaupt, J. G.* (1941). Lysimeter-undersøkingen aan het Rijkslandbouw-proefstation te Groningen en elders. II. De scheikundige sammenstelling van het drainwater. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen nr. 47, side 165-528.
15. *Pfaff, C.* (1962). Das Verhalten des Stickstoffs im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen. Zeitschr. f. Acker u. Pflanzenbau, Bd. 117, side 77-99.
16. *Pfaff, C.* (1962). Das Verhalten der Phosphorsäure und der Alkalien im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen, ibid, side 100-113.
17. *Pfaff, C.* (1963). Über die Auswaschung von Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat aus dem Boden (Lysimeterversuche) ibid, side 117-128.
18. *Poulsen, E. & Sv. Dalbro*. (1962). Forskellige jorders gennemtrængelighed for kalium og magnesium. Tidsskrift for Planteavl, 66, side 50-74.
19. *Russell, E. J.* (1935). Soil Conditions & Plant Growth, 6' udg. Longmans, Green and Co., London.
20. *Wijkström, T.* (1935). Metoder för Undersökning av Fodermedels Mineralbeståndsdelar. Medd.nr. 459 från Centralanstalten for forskösväsendet på jordbruksområdet.
21. *Ødelien, M. & T. Vidme*. (1945). Lysimeterforsök på Ås, 1938-43. Norges Landbrukshøgskoles Jordkulturforsök, Melding nr. 29.
22. *Ødelien, H. og G. Uhlen*. (1952). Lysimeterforsök på Ås. Norges Landbrukshøgskoles Jordkulturforsök, Melding nr. 36.