

Marskjordens fysiske og kemiske tilstand.

Af H. C. Aslyng.

Hydroteknisk Laboratorium.

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

1. Indledning.

Den »fedede« marskjord ved den sydlige del af Jyllands vestkyst anses ofte for at være Danmarks bedste jord. Der er dog så betydelige vanskeligheder med hensyn til jordens afvanding, struktur og dyrkning, at der langt fra altid opnås en tilfredsstillende planteproduktion. Vanskelighederne er størst, hvor jordens indhold af ler (eller klæg) er størst.

Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur udfører dyrkningsforsøg ved Ribe på et areal med meget stort lerindhold til en dybde af en meter eller mere og ved Højer på et areal, som i de øverste jordlag har et betydeligt mindre lerindhold end jorden ved Ribe. Som helhed er dyrkningen derfor lettest og produktionen størst og mest sikker ved Højer. Arealerne er drænet i omkring 70 cm dybde og overfladen er ca. 1,6 og 1,3 m over Dansk-Normal-Nul ved henhv. Ribe og Højer.

Nogle små orienterende forsøg udført på Hydroteknisk Laboratorium i 1951 gav til resultat, at superfosfat havde en gunstig virkning på lerrige jorders struktur. På det grundlag blev det foreslået i forsøg at give marskjorden meget store mængder af superfosfat. I 1953 blev der derefter anlagt rækkeforsøg med 3 fællesparceller og med omstående forsøgsled, hvor tallene angiver mængderne i tons/ha udbragt i foråret og nedharvet før såning.

1953 Ribe

Ubehandlet

10 t superfosfat

20 t superfosfat

1953 Højer

I rk. Ubehandlet

10 t superfosfat

20 t superfosfat

II rk. 5 t gips

10 t gips

I efteråret 1953 er der i begge forsøg af pløjelaget udtaget jordprøver, hvori der er målt reaktions- og ledningstal. Samme efterår (1953) er der ved gravning i arealer uden for forsøg ved både Ribe og Højer taget jordprøver lagvis af profiler til omkring en meters dybde på eet sted i vedvarende græsmark og i sædskiftemark. Der blev taget jordprøver i naturlig lejring og i løs tilstand. Endelig er der i efteråret 1954 med jordbor udtaget jordprøver lagvis til en meters dybde i forsøgene for udførelse af forskellige kemiske analyser. For de enkelte dybder er prøverne fra fællesparcellerne slået sammen til een prøve før analyseringen.

Jordprøverne er lufttørret, stødt og er derefter gået gennem sigte med 2 mm huller. Der er dog ikke frasigtet noget, da der ikke er primære partiker større end 2 mm.

2. Analysemetoder.

Reaktionstallet, pH, er målt med glaselektrode i opslemning af 15 g jord og 30 ml N KCl. Der er adderet 1,0 til det målte klorkaliumtal. Måling i vand var ikke tilfredsstillende — især når ler- og Na-indholdet var stort.

Ledningstallet, Lt, er målt i opslemning efter rystning af 15 g jord i 135 ml vand og iøvrigt som angivet af Steenberg (1946).

Klorid, Cl, er bestemt ved titrering med 0,01 N AgNO_3 af filtrat fra rystning af 10 g jord med 50 ml 0,1 N K_2SO_4 .

Na («opløst») er bestemt i filtrat efter rystning af 5 g jord med 100 ml 96 % alkohol. En del af filtratet er inddampet, hvorefter der er tilsat N ammoniumacetat, hvori Na direkte er målt på et Beckman flammespektrofotometer, model DU 9200, som er anvendt ved T_K -bestemmelse i jord (Aslyng 1953).

Na, K, Mg og Ca (opløselig og ombyttelig) er bestemt ved oprystning af 10—25 g jord og derefter fuldstændig udvask-

ning på Büchnertragt med ialt 300—500 (afhængig af lerindhold) ml neutral N ammoniumacetat. Der er fyldt op til kendt rumfang (500 ml) og Na, K og Ca er bestemt direkte på flammespektrofotometret. En passende største koncentration i standardopløsningerne var henholdsvis 1, 1 og 10 milliækvivalent pr. liter. Der er sikret mod, at analyseresultaterne er påvirket af opløsningens indhold af andre stoffer. Ved titrering af 50 ml filtrat med 0,005 M komplexon III er bestemt sum af Mg og Ca og ved subtraktion af Ca er Mg funden. Se iøvrigt Jensen & Henriksen, 1955.

Humus er bestemt ved tør forbrænding, absorption og vejning af den ved forbrændingen dannede kuldioxyd. Ved omregning til humus er der som normalt regnet med 58 pct. kulstof i humus. Der var ikke påviselige mængder af karbonater i prøverne.

Teksturanalyse er udført uden fjernelse af humus ved anvendelse af lidt natriumpyrofosfat og af dispergeringsapparat, sigter og hydrometre som foreslået af Bouyoucos og som tidligere anvendt på danske jorder af Aslyng (1953).

Vægtfylde. Den reelle vægtfylde (g/cm^3) er bestemt ved anvendelse af vand og pyknometer og ved omhyggelig evakuering af luften. Den tilsyneladende vægtfylde eller volumen-vægt (g/cm^3) er bestemt ved udtagning af 3 fælles jordprøver i naturlig lejring i ringe med et kendt rumfang på 100 ml. Af de tre bestemmelser er taget gennemsnit.

Strukturanalyse. Den procent af det samlede jordrumfang, som er porer, og som kaldes jordens porøsitet, beregnes ud fra de to vægtfylder. Jordens vandkapacitet (naturlig vandkapacitet eller markkapacitet) er jordens vandindhold ved 100 cm (vand) undertryk, svarende til, at der er 100 cm til grundvandspejlet. Vandkapacitet er bestemt i laboratoriet ved anvendelse af specielle porøse plader, hvorpå jord i naturlig lejring anbringes, vandmættes og afdrænes ved 100 cm undertryk. Luftkapacitet er differencen mellem porøsitet og vandkapacitet. Vand utilgængeligt for planterne er bestemt ved anvendelse af trykmembranapparat med 15 atmosfære overtryk. Metoden har tidligere været beskrevet og anvendt på danske jorder (Aslyng 1952). Tilgængeligt vand er vandkapaciteten minus utilgængeligt vand.

3. Analyseresultater.

Analyserne er udført af laboratorieassistent E b b a A n - d e r s e n. Resultaterne er anført i tabellerne 1—4 og angivet på basis af tør jord. De fleste resultater er afrundet til een decimal, men i mellemregning er i reglen anvendt to decimaler. Der er ingen skarp grænse mellem fysiske og kemiske analyser, men en deling som foretaget i tabellerne er dog naturlig og hensigtsmæssig.

4. Diskussion.

A. Fysiske analyser af profiler ved Ribe og Højer.

Den mekaniske analyse viser kun et lille indhold af grovsand både ved Ribe og Højer. I de øverste jordlag ved Højer er der meget finsand — specielt i lag nr. 2 fra oven. Ved Ribe og i de dybe lag ved Højer er lerindholdet meget stort. Dog er der sand i 100 cm dybde ved Ribe, men ler- eller klæglaget menes i almindelighed at være dybere.

Ved Ribe er humusindholdet ret stort i de øverste lag, og det aftager jævnt med dybden. Ved Højer varierer det mere uregelmæssigt, og der forekommer humusrige lag i stor dybde. Der må her anføres, at når en jords indhold af ler er stort, skal indholdet af humus også være stort, før det rigtig »mærkes« på strukturen eller ses på jorden.

Den reelle vægtfylde varierer næsten i takt med humusindholdet. Volumenvægten eller den tilsyneladende vægtfylde er på grund af natrium meget lille for de lerrige jordlag. Det er ensbetydende med, at der er en i sammenligning med almindelige jorder meget stor porøsitet. Ved Ribe er porøsiteten — bortset fra sandet i største dybde — mellem 50 og 60 og ved Højer i et enkelt tilfælde i 120 cm dybde endog næsten 70. I vore gode morænejorder er porøsiteten i reglen 40—50.

I alle de lerrige lag er porerne forholdsvis små og jordens vandkapacitet er ved 100 cm (vand) undertryk derfor næsten af samme størrelse som disse lags porøsitet. Det betyder, at luftkapaciteten — den del af det samlede rumfang, der er luftfyldt — er lille. Det samme gælder jordens permeabilitet eller gennemtrængelighed for vand og luft.

Tabel 1. Fysiske analyser af marskprofiler.

Dybde, cm	Tekstur, vægtprocent					Vægtfylde, g/cm ³		Struktur, rumfangsprocent				
	groft sand 2-0.2	fint sand 0.2- 0.02	silt 0.02— 0.002	ler under 0.002	hu- mus	re- elle	volu- menv.	porer ialt	vand- kap.	luft- kap.	utilg. vand	tilg. vand

Ribe: sædskifte.

7	5.0	11.4	17.6	56.8	9.7	2.47	1.01	59.1	55.0	4.1	28.0	27.0
22	1.0	2.0	21.0	70.0	6.0	2.55	1.06	58.4	51.7	6.7	29.5	22.8
40	0.7	3.5	15.8	75.7	4.8	2.58	1.14	55.8	54.8	1.2	32.0	22.6
60	0.1	11.6	19.2	66.8	2.8	2.63	1.19	54.8	54.1	0.7	30.3	23.8
80	1.7	6.3	20.0	70.1	1.9	2.65	1.12	57.7	54.5	3.2	29.2	25.8
100	61.6	28.2	3.3	6.7	0.2	2.64	1.62	38.6	11.8	26.8	1.1	10.7

Ribe: vedvarende græs.

7	9.6	12.2	20.9	48.7	8.6	2.49	1.06	57.4	51.7	5.7	28.2	23.5
22	1.5	10.2	15.8	66.7	5.8	2.56	1.16	54.7	51.5	3.2	32.2	19.8
40	1.6	6.4	20.2	68.0	3.8	2.62	1.15	56.1	53.7	2.4	36.2	17.0
60	0.3	10.6	22.6	64.5	2.1	2.65	1.28	51.7	48.5	3.2	31.5	17.5
80	4.5	10.0	17.5	66.5	1.5	2.68	1.10	59.0	49.5	9.5	26.9	22.6
100	68.0	21.9	3.3	6.7	0.1	2.63	1.62	38.4	10.9	27.5	0.8	10.1

Højer: sædskifte

8	2.7	64.5	6.7	22.0	4.1	2.57	1.32	48.6	37.4	11.2	11.8	26.1
25	0.2	80.7	6.7	11.7	0.7	2.64	1.51	42.8	25.0	17.8	4.9	20.1
45	0.6	34.3	12.1	51.8	1.2	2.87	1.33	50.3	44.5	5.7	25.7	18.8
70	1.4	3.0	15.8	76.6	3.2	2.63	1.19	54.8	54.0	0.8	36.6	17.4
90	1.4	10.8	21.0	64.7	2.1	2.65	0.97	63.4	55.4	8.0	29.8	26.1
120	0.4	5.0	18.2	72.4	4.0	2.59	0.79	69.5	61.6	7.9	25.7	35.9

Højer: vedvarende græs

8	2.1	70.4	5.0	18.6	3.9	2.56	1.31	48.8	37.6	11.2	10.9	26.7
35	0.5	80.6	3.1	15.1	0.7	2.64	1.50	43.2	26.6	16.6	5.8	20.8
55	0.8	52.2	12.0	34.8	0.7	2.68	1.58	41.0	37.0	4.0	21.8	15.7
70	2.3	63.2	6.7	27.1	0.7	2.67	1.47	44.9	38.8	6.1	15.4	23.4
85	1.5	15.2	16.0	66.1	1.2	2.70	1.03	61.9	55.0	6.9	29.6	18.5
110	0.6	13.3	12.3	68.5	5.3	2.58	1.08	58.1	50.2	7.9	31.8	18.4

Det må her pointeres, at luftkapaciteten i de dybe jordlag i marken endog er mindre end anført i tabel 1, da der i marken i disse dybder ikke er 100 cm til grundvandspejlet og ligevægt dermed.

I de to sidste kolonner i tabel 1 er den naturlige vandkapacitet delt i den for planter utilgængelige og tilgængelige del. Begge størrelser er store. I hvilket omfang den tilgængelige

vandmængde udnyttes af planterne afhænger af rodudvikling, og om der er brug for vandet.

Tekstur- og strukturanalyseresultaterne for sædskiftemarkerne (tabel 1) er vist grafisk i fig. 1, hvor der udelukkende er benyttet rumfangsprocent. Vægtfylden af humus er her ansat til $1,35 \text{ g/cm}^3$ og af vand til $1,0 \text{ g/cm}^3$. Det ses tydeligt, at luftkapaciteten er lille i flere dybder. Det bør også bemærkes, at indholdet af ler og af utilgængeligt vand er af meget nær samme størrelse. Ved foldning af figurerne dækker de to signaturer næsten hinanden. Mængden af utilgængeligt vand er derfor også et ret godt mål for lerindholdet, som det også tidligere er omtalt (Aslyng 1952) og som ved undersøgelse af flere profiler yderligere er bekræftet (Kristensen og Aslyng 1955).

B. Kemiske analyser af profiler ved Ribe og Højer.

Reaktionstallene aflager i dybden, hvor de er forholdsvis små. Ledningstallet er ret højt ved Ribe, men grundet jordens store indhold af kolloider er de dog ikke alvorligt høje. For jordens gennemtrængelighed for vand og luft er et stort ledningstal iøvrigt fordelagtigt.

Ledningstallet er omregnet til, hvor mange milliekvivalenter kaliumklorid eller kation pr. 100 g jord, tallet svarer til. Det er for de fleste prøver fra Højer under 1,0 og ved Ribe 1—2,5. Det må her bemærkes, at vandmængden i analysen ($9 \times$ jordvægten) er meget større end i marken, hvor saltmængden/100 g jord i jordvædsken vil være en del mindre. En kvalitativ prøve viste da heller ikke reaktion for karbonat og sulfat, hvoraf der ikke kan være store mængder af salte.

Af de følgende talkolonner ses, at jordens indhold af Cl og af Na (ekstraheret med alkohol) er af ens størrelsesorden, men mindre end mækv. KCl beregnet på grundlag af ledningstallene. Hvis der ved alkoholbehandlingen f. eks. opløses Ca-salte, kan der ske en ionbytning, hvorved Ca adsorberes og Na frigøres. Det er dog ikke sandsynligt, at dette er sket i stor udstrækning, da uopløste Ca-salte ikke — eller kun i ringe mængde — forekommer i de undersøgte jorder. Der var kun spor af Ca i alko-

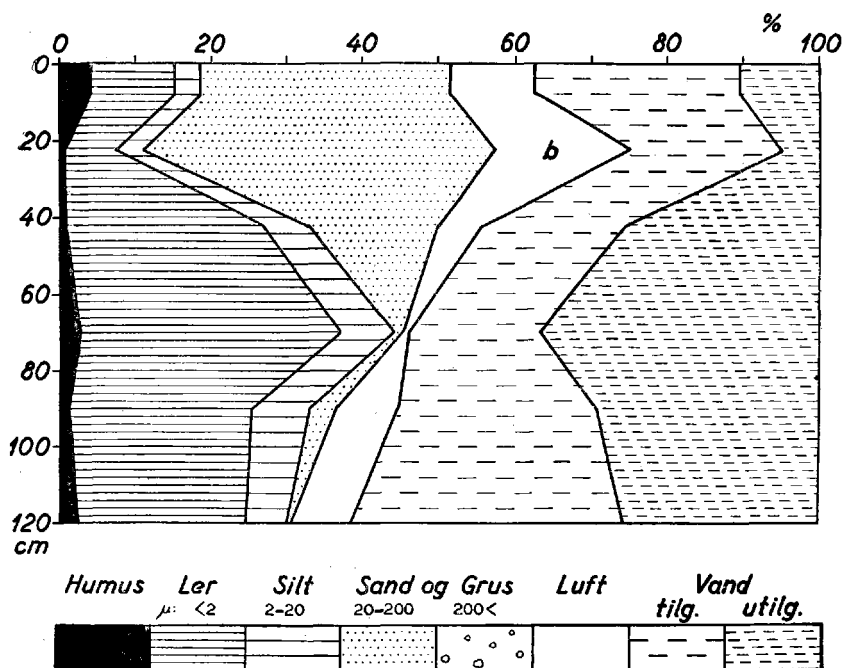
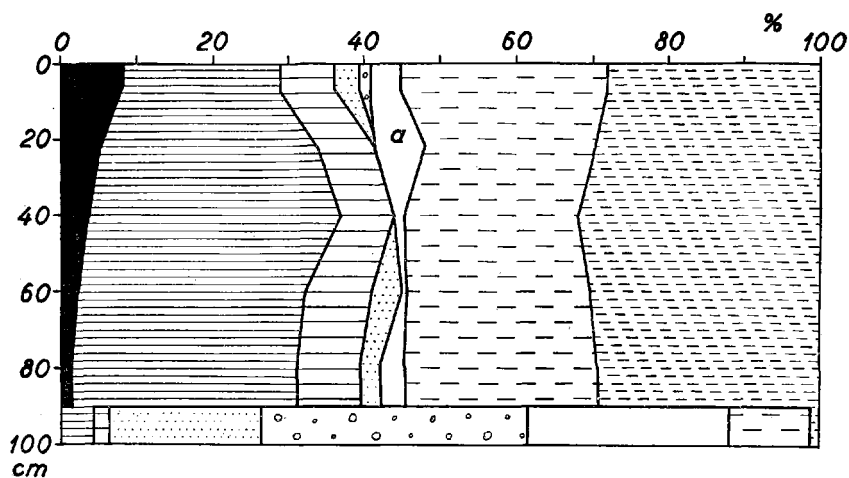


Fig. 1. Sædskiftemark, a Ribe og b Højer

holudtrækket. De efter alkohol-behandlingen fundne Na-mængder udgør en næsten ens procentdel (ca. 10) af den totale Na-mængde, når der ses bort fra sandlagene — specielt største dybde ved Ribe.

Det kan yderligere anføres, at bestemmelse af jordens kationombytningskapacitet giver tal af samme størrelse som summen af Na, K, Mg og Ca, der ekstraheres, hvilket yderligere viser, at der i jorderne (desværre) ikke er nogen Ca-salt reserve. Da opløst Na er konstant og kun 10 pct. af total Na, og da der i summen utvivlsomt trods alt også er nogle ikke adsorberende og nogle vanskeligt ombyttelige ioner af K, Mg og Ca, er jordens natriumtilstand i sidste kolonne karakteriseret ved Na i pct. af summen af Na, K, Mg og Ca.

Det ses, at Na-mængden både absolut og i pct. er stor og stiger stærkt med dybden. K-indholdet er også ret stort (1 mækv/100 g svarer til T_K 25). Karakteristisk er det tillige, at Mg som helhed stiger og Ca aftager med dybden. Mg-indholdet er iøvrigt meget stort sammenlignet med, hvad der er i almindelighed og i andre danske jorder (D o r p h - P e t e r s e n 1955).

Summen af Na, K, Mg og Ca eller jordens kationombytningskapacitet er et ret godt mål for jordens finkornethed, selv om humus kan virke stærkt »forstyrrende«. Karakterisering af jorden ved bestemmelse af humusindhold og kationombytningskapacitet er tidligere omtalt (A s l y n g 1952).

L u t z (1934) fandt, at permeabiliteten af en Na-besat jord kun var omkring en trediedel af, hvad den var, når samme jord var besat med Ca. Na-jord er i våd tilstand tillige meget vandbindende og udviser iøvrigt meget store rumfangsændringer ved udtørring og fugtning (B a v e r 1948 og H a l l g r e n 1944). Når jorden i marken tørrer delvis ud, dannes derfor mange store revner — som vi også kender det fra vore marskjorder — som lukker sig, når jorden igen fugtes. En hel eller delvis Na besat jord danner ikke en tilfredsstillende krummestruktur.

Litteraturen giver ikke et klart billede af, hvor stor en del af de adsorberede metalioner, der kan være Na, uden at jordens dyrkningsværdi er forringet væsentlig i forhold til, hvad den er, når de adsorberede ioner hovedsagelig er Ca, som er det almindelige (T o v b o r g J e n s e n 1936).

Tabel 2. Kemiske analyser af marskprofiler.

Dybde, cm	pH	Ledn. tal	Milliækvivalenter/100 g tør jord								% Na af sum	
			»Lt« ¹⁾	Cl	Na ²⁾	Na	K	Mg	Ca	sum ³⁾		
Ribe: sædskifte												
7	7.6	1.8	1.3	0.1	0.1	1.2	0.4	5.8	28.2	35.6	3.4	
22	6.9	1.2	0.9	0.2	0.1	2.7	0.5	8.6	15.1	26.9	10.0	
40	6.0	1.3	1.3	0.8	0.3	4.3	1.1	10.6	5.4	21.9	21.9	
60	5.9	2.5	1.8	0.6	0.5	6.7	1.1	11.7	2.8	22.3	30.0	
80	6.0	3.4	2.5	1.0	0.8	8.4	1.4	13.7	3.0	26.5	31.7	
100	(4.3)	3.2	2.3	0.4	0.4	1.1	0.1	0.2	0.3	1.7	(64.7)	
Ribe: vedvarende græs												
7	7.6	2.5	1.3	?	?	1.2	1.0	5.2	24.1	31.5	3.8	
22	6.4	1.3	0.9	0.2	0.2	2.8	1.0	9.3	10.4	23.5	11.9	
40	6.3	2.0	1.4	0.5	0.4	5.8	2.1	13.2	5.6	26.7	21.7	
60	6.0	2.2	1.6	0.6	0.5	6.4	1.3	11.1	4.4	23.2	27.6	
80	5.9	3.2	2.3	1.0	0.9	8.0	1.5	9.3	4.5	23.3	34.3	
100	(5.2)	1.5	1.1	0.6	0.5	1.0	0.1	0.3	0.3	1.6	(62.5)	
Højer: sædskifte												
8	7.5	0.7	0.5	spor	0.1	0.2	0.1	0.8	15.4	16.5	1.2	
25	7.3	0.3	0.2	spor	spor	0.1	0.1	spor	3.7	3.9	2.6	
45	6.9	0.5	0.4	0.1	0.1	0.8	0.6	8.2	10.4	20.0	4.0	
70	6.9	1.1	0.8	?	?	2.3	1.6	17.3	9.9	31.0	7.4	
90	6.9	1.5	1.0	0.9	0.4	3.7	1.9	15.3	8.5	29.4	12.6	
120	6.3	?	?	?	?	7.5	2.2	14.2	5.5	29.4	25.5	
Højer: vedvarende græs												
8	5.7	0.4	0.3	spor	0.1	0.2	0.7	1.4	5.0	7.3	2.7	
35	6.3	0.4	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1	spor	2.7	3.1	9.7	
55	6.3	0.6	0.4	0.2	0.2	1.5	0.7	6.1	4.9	13.2	11.4	
70	6.7	0.6	0.5	0.3	0.2	1.5	0.7	5.0	4.0	11.2	13.4	
85	6.7	0.8	0.6	0.4	0.2	3.2	2.1	14.5	6.7	26.5	12.1	
110	6.3	2.3	1.6	0.6	0.3	7.1	2.4	13.9	6.3	29.7	23.9	

1) Milliækvivalenter beregnet af ledningstal.

2) Na i alkoholudtræk.

3) Sum af Na, K, Mg og Ca.

? Ikke mere jord.

Kelley (1951) anfører, at den adsorberede Na (og Mg)-mængde kan udgøre en stor procentdel af adsorptionskapaciteten, før der er direkte skade på planterne. Det er der således næppe tale om for vore marskjorder. Derimod gør Na indirekte skade gennem vanskelig og mangelfuld afvanding, struktur og luftskifte. Er jorden lerrig, som ved Ribe og i de dybe lag ved Højer, kan det kun tolereres, at Na udgør få procent af de adsorberede ioner. Overstreet (Kelley 1951 pag. 34) fandt i et tilfælde betydelig skadevirkning ved, at Na-procenten steg fra 6 til 10 af kationombytningskapaciteten og at forholdene

ved tilførsel af gips igen blev udbedret. Ved Ribe udgør Na 10 pct. eller mere undtagen i pløjelaget. Ved Højer findes dette niveau kun for de dybe lerrige jordlag, (tabel 2).

Bonnet (1953) angiver, at normal vækst af sukkerrør kun kunne opnås, når adsorberet Na ikke oversteg 5—8 pct af adsorberet Ca. Det må endvidere bemærkes, at K også giver dårlig struktur, omend i mindre grad end Na. Ofte regnes der med summen af Na og K, når strukturen skal vurderes. Mg er væsentlig bedre, men har dog ikke helt så god virkning på strukturen som Ca. Ved Ribe er Ca-procenten endog mindre end Na-procenten fra ca. 40 cm og ved Højer fra ca. 100 cm dybde og nedad.

C. Kemiske analyser af prøver fra forsøg ved Ribe og Højer.

Reaktionstallene, pH, er i øverste lag gået lidt ned, hvor der er anvendt store mængder superfosfat. Ved Højer har reaktionstallene forud for anlægget af forsøget været højere i II. end i I. række. Det kan derfor ikke ses, hvilken virkning tilførsel af gips har haft på reaktionstallet, men det er antagelig ikke ændret meget derved. Denne forskel på de to rækker må erindres, når resultaterne af de kemiske analyser fra forsøgsleddene 5 og 10 tons gips sammenholdes med resultaterne fra det ubehandlede forsøgsled, sådan som det er sket i tabel 4. Dog har forskellen i pH-værdi næppe haft principiel indflydelse på resultaterne.

Store mængder superfosfat eller gips har medført, at ledningstallene det første efterår er funden betydeligt højere end i ubehandlet. Det følgende efterår er tallene omtrent på samme niveau som for ubehandlet, dog er de ved Højer endnu lidt højere — især efter tilførsel af 20 tons superfosfat. Hovedparten af de tilførte salte er således »borte« efter 1½ år (to somre og een vinter).

For Ribe er Na-indholdet i forsøget af samme størrelse som i de omtalte profiler (tabel 2). For Højer er Na-indholdet i de dybere lag mindre i forsøgene end i profilerne, hvilket kan skyldes forskelligt niveau de to steder og måske også afstanden derimellem, samt forskellig benyttelse og behandling af jorderne.

Indenfor forsøgene kan der inden disses anlæg godt have

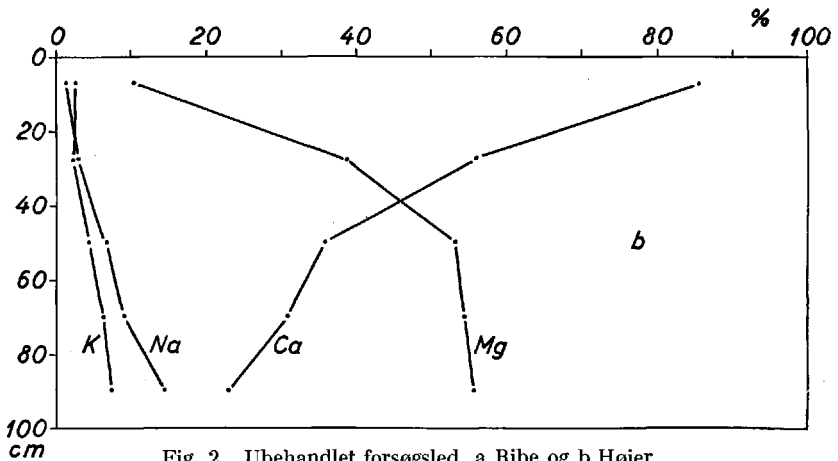
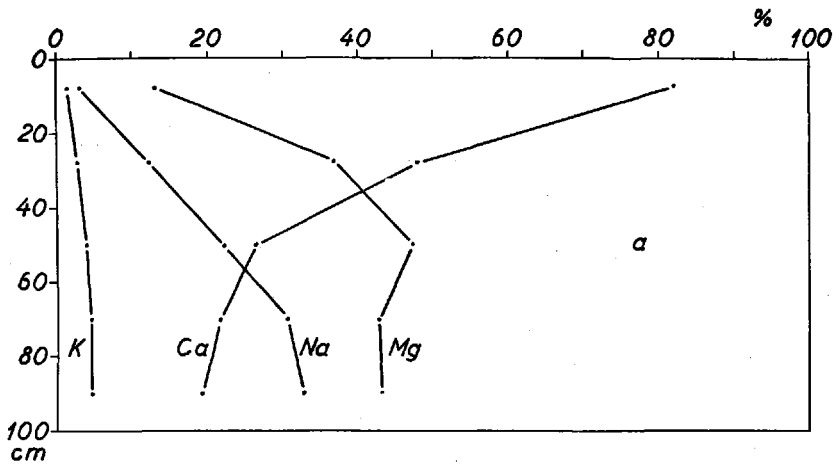


Fig. 2. Ubehandlet forsøgsled, a Ribe og b Højer.

været mindre fysiske og kemiske forskelle i jorden fra sted til sted, hvilket vanskeliggør en retfærdig bedømmelse af forsøgsbehandlingen. Vanskelighederne omgås i nogen grad ved at angive og sammenligne den procentdel Na, K, Mg og Ca hver udgør af summen af de fire ioner i stedet for de absolutte mængder (tabel 3—4). I fig. 2 er vist tallene for de ubehandlede forsøgsled.

Det ses af sidste kolonne i tabel 3—4, at Na-procenten gennemgående er reduceret lidt ved tilførsel af superfosfat eller gips. De få tilfælde, hvor tallet er steget, skyldes antagelig de

Tabel 3. Analyser af jordprøver fra forsøg ved Ribe.

(anlagt forår 1953; jordprøver efterår 1953 og 54)

Dybde, cm	Reaktions- tal		Lednings- tal		% af ekstrah. ioner 1954				mækv./ 100 g		Nedg. i Na	
	1953	1954	1953	1954	Na	K	Mg	Ca	ialt	Na	mkv.	%
Ubehandlet												
0—15.....	7.1	7.1	1.9	1.4	3.3	1.5	13.2	82.0	30.3	1.01	—	—
15—40.....	—	6.4	—	1.4	12.3	2.8	36.8	48.1	25.0	3.08	—	—
40—60.....	—	6.2	—	1.9	22.3	4.0	47.4	26.3	22.0	4.90	—	—
60—80.....	—	6.2	—	2.8	30.6	4.6	43.0	21.8	24.2	7.39	—	—
80—100.....	—	6.1	—	3.9	32.7	4.9	43.3	19.1	28.0	9.15	—	—
10 tons superfosfat/ha												
0—15.....	7.1	7.0	4.3	1.3	3.1	1.7	14.5	80.7	31.0	0.96	0.1	0.2
15—40.....	—	6.4	—	1.5	10.7	2.9	36.6	49.8	23.8	2.55	0.5	1.6
40—60.....	—	6.2	—	2.1	20.7	4.1	46.2	29.0	22.5	4.66	0.2	1.6
60—80.....	—	6.2	—	2.6	29.5	4.6	45.7	20.2	24.5	7.22	0.2	1.1
80—100.....	—	6.1	—	3.1	32.4	5.2	42.8	19.6	26.4	8.54	0.6	0.3
20 tons superfosfat/ha												
0—15.....	6.8	7.0	8.7	1.2	2.3	1.5	14.4	81.8	32.7	0.74	0.3	1.0
15—40.....	—	6.4	—	1.4	7.1	2.7	30.6	59.6	25.5	1.80	1.3	5.2
40—60.....	—	6.2	—	2.1	20.6	4.2	48.6	26.6	21.8	4.49	0.4	1.7
60—80.....	—	6.1	—	2.6	28.8	4.3	45.2	21.7	23.5	6.78	0.6	1.8
80—100.....	—	6.1	—	3.4	32.4	4.5	44.3	18.8	26.5	8.58	0.6	0.3

ovennevnte vanskeligheder, selv om procenten for et lag kan stige på grund af frigørelse og udvaskning af Na fra ovenover liggende lag.

En nedgang i Na-procent kan skyldes, at der virkelig er sket en ionbytning mellem tilført Ca og adsorberet Na, og at den frigjorte Na er udvasket. Det kan også i nogen grad skyldes en stigning i Ca-mængden, hvis hele saltmængden endnu ikke er opløst eller har virket. En stigning i ionombytningskapaciteten kan ved tilførsel af fosfat også tænkes. Der kan i resultaterne findes antydninger til støtte for det anførte, men en nærmere udredning er ikke mulig på det foreliggende grundlag.

I næstsidsste kolonne er anført nedgangen i milliekvivalenter Na/100 g. Da disse tal ligesom Na-procenterne som helhed er gået ned, er Na-tilstanden forbedret ved tilførsel af gips eller superfosfat. Ændringerne er dog ikke imponerende store, og da hovedparten af de tilførte salte synes at være opløst, vil virkningen næppe øges meget i de kommende år.

Tabel 4. Analyser af jordprøver fra forsøg ved Højer.
(anlagt forår 1953; jordprøver 1953 og 54).

Dybde, cm	Reaktions- tal		Lednings- tal		% af ekstrah.ioner 1954				mækv./ 100 g		Nedg. i Na	
	1953	1954	1953	1954	Na	K	Mg	Ca	ialt	Na	mækv.	%
Ubehandlet												
0—15...	6.7	6.6	1.0	0.5	1.4	2.7	10.5	85.4	10.4	0.15	—	—
15—40...	—	6.3	—	0.4	2.8	2.6	38.8	55.8	12.1	0.34	—	—
40—60...	—	6.1	—	0.7	6.8	4.3	53.1	35.8	19.6	1.34	—	—
60—80...	—	4.9	—	0.9	8.9	6.1	54.2	30.8	17.9	1.60	—	—
80—100...	—	4.3	—	2.7	14.5	7.3	55.6	22.6	16.6	2.40	—	—
10 tons superfosfat/ha												
0—15...	6.4	6.5	3.4	0.7	1.4	3.0	10.2	85.4	11.7	0.16	(0)	(0)
15—40...	—	6.0	—	0.4	2.2	3.8	38.8	55.2	16.8	0.36	(0)	0.6
40—60...	—	6.0	—	0.7	4.2	4.3	53.6	37.9	21.1	0.87	0.5	1.6
60—80...	—	4.4	—	1.9	8.2	6.8	54.4	30.6	17.7	1.45	0.2	0.7
80—100...	—	4.0	—	2.4	11.3	8.4	58.4	21.9	10.1	1.14	1.26	3.2
20 tons superfosfat/ha												
0—15...	6.2	6.1	7.3	3.9	0.9	2.1	11.5	85.5	14.8	0.14	(0)	0.5
15—40...	—	5.9	—	0.9	2.4	3.9	37.9	55.8	13.5	0.82	(0)	0.4
40—60...	—	5.8	—	1.1	4.1	4.3	57.0	34.6	20.7	0.84	0.5	2.7
60—80...	—	4.8	—	1.9	9.4	6.6	56.5	27.5	18.8	1.77	—0.4	—0.5
80—100...	—	4.2	—	3.0	12.6	7.8	56.5	23.1	14.5	1.88	0.6	1.9
5 tons gips/ha												
0—15...	7.7	7.2	3.8	1.2	0.9	1.9	4.5	92.7	13.4	0.12	(0)	0.5
15—40...	—	6.7	—	0.8	2.5	3.2	37.0	57.3	15.7	0.40	(0)	0.3
40—60...	—	5.9	—	1.0	4.5	4.6	52.2	38.7	20.7	0.94	0.4	2.3
60—80...	—	4.6	—	2.2	7.0	7.0	57.7	28.3	19.4	1.37	0.3	1.9
80—100...	—	4.3	—	2.4	9.4	7.9	56.2	26.5	15.1	1.42	1.0	5.1
10 tons gips/ha												
0—15...	7.7	7.5	5.3	2.2	0.8	1.8	2.6	94.8	15.4	0.18	(0)	0.6
15—40...	—	6.9	—	1.1	2.3	4.0	33.9	59.8	16.8	0.39	(0)	0.5
40—60...	—	6.5	—	1.4	5.6	5.3	54.2	34.9	23.8	1.33	(0)	1.3
60—80...	—	5.4	—	1.9	9.3	6.7	56.4	27.6	24.1	2.24	—0.8	—0.4
80—100...	—	4.3	—	2.7	11.5	8.6	56.0	23.9	15.7	1.81	0.6	3.0

Omkring halvdelen af superfosfat er vandfri gips (CaSO_4) og fosforet findes som primært calciumfosfat. Af Ca er der ialt i superfosfat ca. 21,5 pct., når der i (ren) gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) er ca. 23,3 pct. Ved anvendelse af ens mængder gips og superfosfat tilføres derfor kun ca. 8 pct. Ca mere i gips end i superfosfat.

Ifølge tabel 1 kan jordens rumvægt ved Ribe i gennemsnit sættes til 1,1 og ved Højer 1,2. Med afrundet gennemsnitligt Na-indhold (tabel 2—4) skal der da for fuldstændig udbytning af Na med Ca tilføres følgende teoretiske mængder gips eller ca. 8 pct. mere superfosfat:

Dybde	Ribe		Højer	
	mækv. Na pr. 100 g	gips tons/ha	mækv. Na pr. 100 g	gips tons/ha
0—20.....	1.0	1.9	0.3	0.4
20—40.....	3.0	5.7	0.3	0.6
40—60.....	5.0	9.5	1.0	2.0
60—80.....	7.6	13.3	2.0	4.0
80—100.....	9.0	17.1	2.5	4.10
0—100.....	25.0	47.6	6.9	12.18

Selv om Ca lettere fortrænger Na end K og Mg, kan der ikke ses bort fra, at tilførte Ca-salte også i nogen grad vil fortrænge K og Mg, som der her er forholdsvis meget af. Noget Ca vil tillige gå tabt ved udvaskning.

Regnes der med den øverste meter jord, skulle 10 tons gips eller superfosfat indeholde så megen Ca, at der teoretisk skulle kunne fjernes 4—5 mækv. Na ialt og med 20 tons ca. det dobbelte. Ved Ribe er fjernet omkring en trediedel af den teoretiske mængde og ved Højer en varierende, men som helhed mindre del. Der må derfor regnes med en større nødvendig tilførsel af f. eks. gips end anført i ovenstående taloversigt, selv om en fuldstændig fjernelse af Na ikke er nødvendig og næppe mulig.

At der i naturen kræves mere end i laboratoriet eller i teorien kendes fra kalkbehovbestemmelse, hvor der multipliceres med en faktor på 2,9 (Tovborg Jensen 1925).

Karakteristisk er det, at der ved Ribe med det ret store Na-indhold er opnået en nedgang i Na i pløjelaget, men især i det derunderliggende lag. Ved Højer med det lille Na-indhold i de øverste lag findes virkningen derimod i dybere jordlag, hvor der er mere Na, medens Na-indholdet ikke er ændret i de øverste lag.

Om der skal vælges gips, superfosfat eller eventuelt jordbrugskalk (CaCO_3) er et spørgsmål om økonomi og om jordens fosfat- og kalktilstand. Det skal her kun anføres, at marsken ofte er fosfat- og kalktrængende. Efter aftagende hastighed, hvormed midlerne virker, eller efter aftagende opløselighed er rækkefølgen superfosfat, gips og jordbrugskalk. Virkningen af jordbrugskalk vil — specielt for de dybe jordlag — indtræde

forholdsviis langsomt, og ved en samtidig stigning i lagenes reaktionstal må der regnes med et yderligere forbrug af Ca. Ved anvendelse af superfosfat vil det være muligt at få tilført undergrunden superfosfat, som antagelig vil være gavnlig for dyb rodudvikling og en deraf følgende bedre struktur i undergrunden. Det bør fortsat undersøges.

Rumvægten for undergrundsjord er normalt 1,5—1,6 (Kristensen og Aslyng 1955). Baver (1948) anfører tal, der viser, at Na-mættet ler ved vandoptagelse kvælder (bulner ud) til et rumfang på omkring fire gange så meget som ved mætning med Ca. De jordlag, der har en rumvægt på omkring 1,0 (tabel 1) vil, når Na erstattes med Ca, med tiden opnå den normale rumvægt, og det ville betyde, at disse lag synker sammen til henimod $\frac{2}{3}$ af deres nuværende tykkelse. En sådan sætning er ikke uforenelig med, at strukturen samtidig bliver bedre — ændres i retning af krummestruktur. Ved afvanding og beskyttelse mod oversvømmelse må der tages hensyn til forventet sætning.

Det anførte forhold er iøvrigt også af interesse i forbindelse med havets virksomhed og marskdannelsen. Det natriumrige havvand kan således efter bortskylning af kolloidrig normaljord igen aflejre denne i tilsyneladende betydelig forøget mængde — grundet ionbytning.

5. Resumé.

Marskjorderne ved Jyllands vestkyst har et stort lerindhold, en lille volumenvægt og et stort porerumfang, men porerne er små. Det medfører, at jorden har stor vandholdende evne, men utilfredsstillende gennemtrængelighed for vand og luft (tabel 1 og fig. 1).

Na udgør nogle få procent af de adsorberede ioner i pløjelaget, og mængden stiger med dybden, så det i 100 cm dybde er ca. 15 ved Højer og 35 ved Ribe. På samme måde stiger K fra et par procent til 5—8, og Mg-procenten fra omkring 10 til omkring 50, når Ca aftager fra at være 80—90 i pløjelaget til kun godt 20 pct. i 100 cm dybde (tabel 2—4 og fig. 2).

Ved tilførsel af 5, 10 eller 20 tons gips eller superfosfat pr. ha er Na-indholdet i den øverste meter jord kun formindsket

med en trediedel eller mindre af tilført Ca, målt i ækvivalente mængder (tabel 3—4).

En udbytning af Na med Ca må forventes at medføre bedre struktur, større gennemtrængelighed for vand og luft trods forventet sætning og øget volumenvægt. Na-jords store rumfang influerer på marskdannelsens omfang.

Norsk Hydros Fond gav mig 1952 en bevilling til fysiske jordbundsundersøgelser. Denne er anvendt til apparatur, som både i dette og andre arbejder har været af stor værdi ved de fysiske analyser. Jeg vil gerne her takke Fondet for den værdifulde støtte. Ligeledes en tak til »Statens Marskforsøg« ved Ribe og Højer for hjælp og godt samarbejde, samt til »Tidsskriftet« for publiceringen af dette arbejde.

ABSTRACT IN ENGLISH

Physical and chemical conditions of Danish marsh land.

Along the southern part of the westshore of the Danish peninsula, Jutland, where there is a tide a marine clay soil is deposited by the North Sea. The investigation has been carried out on areas reclaimed and protected against inundation several decades ago and which are used by the Danish institution: The State Experiments and Research in Plant Culture. There is one station near the southern frontier at the town Højer and one 45 km to the north at Ribe. The soil surface is about 1.6 and 1.3 m above the Danish normal sea level respectively and the areas are drained at depth of about 70 cm.

Table 1 gives the physical soil conditions for arable- and grassland. The clay content is generally high—especially at Ribe where also the organic matter content is high. The reel density is normal but the apparent density of the clay is very low due to Na. The porosity therefore is very high but the pores are small. Therefore the field capacity is high and the air capacity low—both determined at 100 cm tension. The amounts of available and unavailable water (15 atm) are large both at Ribe and at Højer.

Table 2 gives pH, conductivity figures and milliequivalents of common dissolved or adsorbed elements. The amount of dissolvable salts is low. The Na percentage is high—especially at Ribe—and the structure and permeability is not satisfactory.

Table 3—4 are comparable to table 2, but the elements are expressed in percentage of the sum of total Na, K, Mg and Ca. The soil samples here have been taken in experiments where large quantities of superphosphate or gypsum have been applied to the surface two seasons earlier in order to reduce the Na-content and improve the structure. The treatment seems to have increased the rate of infiltration and improved the structure somewhat although the reduction in Na is found to be small and only about one third of the applied Ca—expressed in equivalent units.

In figure 1-2 some of the physical and chemical conditions—for the various depths of soil analysed—are graphically shown.

LITTERATUR

- Aslyng, H. C.* — 1952: Characterization of soils. — Kgl. Vetr. Landbohøjsk. årsskr., 20—56.
- Aslyng, H. C.* — 1953: Ombytligt kalium i jorden. — Tidsskr. f. Planteavl, 4, 155—165.
- Aslyng, H. C.* — 1953: Jordbundsbedømmelse ved brug af hydrometer. — Hedeselskabets Funktionærbl., 29, 1—5.
- Baver, L. D.* — 1948: Soil Physics. — New York, London. 398 pp.
- Bonnet, J. A.* — 1953: Soil-salinity studies as related to sugarcane growing in south western Puerto Rico. — J. Agric. Univ. P. R. 37, 103—113.
- Dorph-Petersen, K.* — 1955: Magnesiumproblemet for landbrugets planteavl. — Tidsskr. f. Planteavl, 58, 369—395.
- Hallgren, G.* — 1944: On the physical and chemical effects of saline irrigation water on soils. — Ann. Agric. College of Sweden, 12, 23—50.
- Jensen, H. L. & Henriksen, Aage,* — 1955: Microbiological and chemical determination of magnesium in soil. — Acta Agric. Scand., V, 98—112.
- Kelley, W. P.* — 1951: Alkali soils, their formation, properties and reclamation, New York, 176 pp.
- Kristensen, K. J. & Aslyng, H. C.* — 1955: Kan produktionen på lerjorden øges ved undergrundsledning? — Tidsskr. f. Landøkonomi, 4, 166—189.
- Lutz, J. F.* — 1934: The physico-chemical properties of soil affecting soil erosion. — Missouri Agr. Exp. Sta. Research Bull. 212.
- Steenbjerg, F.* — 1946: Om Bestemmelse af Jordopslemningers elektriske Ledningsevne. Tidsskr. f. Planteavl, 50, 518—525.
- Touborg Jensen, S.* — 1925: Undersøgelser over Kalciumkarbonats reaktions-ændrende Virkning i Jordbunden. — Tidsskr. f. Planteavl, 31, 744—778.
- Touborg Jensen, S.* — 1936: Kalkens Omsætninger i Jordbunden, teoretisk og eksperimentelt belyst. — Tidsskr. f. Planteavl, 41, 571—649.