DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE DANEMARK
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

BERETNINGER UDGIVNE VED
DEN FORSTLIGE FORSØGSKOMMISSION

REPORTS WITH SUMMARIES IN ENGLISH
RAPPORTS AVEC DES RÉSUMÉS EN FRANÇAIS
BERICHTE MIT DEUTSCHER ZUSAMMENFASSUNG

BIND XXIX

HÆFTE 3

INDHOLD

H. BRYNDUM: Et udhugningsforsøg i ung eg. (A Thinning Experiment in Young Oak Stands). Side 173—243. (Beretning nr. 227).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Tekstur og pH i fedt moræneler på Bregentved. (Texture and pH of Fine-Textured Moraine Clay at Bregentved). Side 245—281. (Beretning nr. 228).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Et kvalitativt gødningsforsøg i en kultur med rødgran og bjergfyr i Gludsted plantage. (A Qualitative Fertilizing Experiment in a Plantation of Norway Spruce and Mountain Pine at Gludsted Plantation). Side 283—297. (Beretning nr. 229).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN: An Investigation of the Podsolation Processes in Soils with a High Ground-Water-Table. Side 299—308. (Beretning nr. 230).

KØBENHAVN
TRYKT I KANDRUP & WUNSCH'S BOGTRYKKERI
1965

TEKSTUR OG pH I FEDT MORÆNELER PÅ BREGENTVED

TEXTURE AND pH OF FINE-TEXTURED MORAINE CLAY AT BREGENTVED

AF

H. HOLSTENER-JØRGENSEN

INDHOLD

side

Indledning 249

I. Forsøgsarealerne 249

II. Mark- og laboratoriearbejdet 251

III. Analyseresultaterne 253
1. Profilbeskrivelserne 253
2. De mekaniske analyser 257
3. pH-bestemmelserne 259
4. Om nogle korrelationer i materialet 261

IV. Diskussion 271

Summary 277
Litteratur 277
Hovedtabel I 278

INDLEDNING

Denne beretning giver et indblik i hvilke variationer i tekstur og pH, man kan finde på små arealer i et tilsyneladende ensartet moræneområde. Undersøgelsen er en af de rutineundersøgelser, som normalt foretages på forsøgsvæsenets faste prøveflader. Når resultaterne publiceres, er det, fordi der, såvidt det er forfatteren bekendt, ikke foreligger danske publikationer, som kan belyse disse variationer.

Kendskab til sådanne variationer er ikke kun af teoretisk interesse. Det er for eksempel klart, at man ved anlæg af forsøg må kræve, at jordbunden på forsøgsarealet er nogenlunde ensartet. Hvorvidt et sådant krav er opfyldt i det foreliggende tilfælde, tages der stort set ikke stilling til i beretningen. Derimod vil der i den afsluttende diskussion blive taget stilling til, hvilken betydning de påviste variationer i tekstur og pH har, hvis man overvejer at lave en jordbundskortlægning som basis for afgørelser vedrørende vigtige driftsdispositioner, såsom træartsvalg, valg af kulturmetoder m. m..

I. FORSØGSAREALERNE

Undersøgelsen er foretaget i to udhugningsforsøg i eg i Grevindeskoven på Bregentved skovdistrikt. *Holstener-Jørgensen* (1961, side 300—307) giver en oversigt over geologiske forhold, terrænforhold, jordbund og grundvandstand i Bregentved-området. Der er i den nævnte publikation udover et stort analysemateriale givet henvisninger til specialafhandlinger om disse emner.

Ganske kort skal det fremhæves, at de to forsøgsarealer ligger på en moræneflade. Det er bundmorænen fra en af landets yngste isstrømme. Isen er kommet fra sydøst og var af baltisk oprindelse. Moræneaflejringen er gennemgående finkornet. Det gennemsnitlige lerindhold er så højt, at morænen klassificeres

Tabel 1. Oversigt over de enkelte parcellers arealer.
Table 1. A survey of the sizes of the individual plots.

Forsøgsareal *Experimental area*	parcel *Plot*	areal ha *Size ha*	Forsøgsareal *Experimental area*	parcel *Plot*	areal ha *Size ha*
QX	a	0.39	QY	m	0.31
	b	0.51		n	0.31
	c	0.52		o	0.58
	d	0.54		p	0.54
	f	0.57		q	0.71
	g	0.58		r	0.68
	h	0.61		s	0.40
	i	0.61		t	0.59
	k	0.30			
	l	0.32			
Ialt: *Total:*		4.95			4.12

som „fedt" moræneler. Undersøgelsesområdet ligger mellem 30 og 35 meter over havets overflade. De to forsøgsarealer er hos forsøgsvæsenet registreret som QX og QY. De er bevokset med eg, der har fødselsåret 1924. I egebevoksningerne er der anlagt hugstforsøg henholdsvis i foråret 1945 (QX) og i foråret 1947 (QY).

QX ligger i Grevindeskovens afdeling 64. Arealet er næsten rektangulært. Rektanglets korteste side er cirka 170 m, den længste cirka 300 m. Forsøgets parceller ligger i 2 rækker, hver med 5 parceller, altså ialt 10 parceller.

QY ligger i Grevindeskovens afdeling 19 og er ligeledes næsten rektangulær. Rektanglets korteste side er cirka 180 m, den længste cirka 225 m. På dette areal ligger parcellerne ligeledes ordnet i 2 rækker, hver med 4 parceller, altså ialt 8 parceller.

I luftlinie er afstanden mellem de to forsøgsarealers tyngdepunkter knapt 1200 m. Tabel 1 giver en oversigt over de enkelte parcellers areal. Det fremgår, at QX har et samlet areal på 4.95 ha, og at QY har et samlet areal på 4.12 ha. Iøvrigt henvises til *Bryndum* (1965), som dels har kort, der viser de enkelte forsøgsarealer og deres inddeling i parceller, dels giver oplysninger om de forskellige hugststyrkers fordeling til parcellerne.

Endelig skal det fremhæves, at begge forsøgsarealer er plane uden væsentlige fald. Bedømt ud fra terrænforholdene må de

anses for at være særdeles velegnede som forsøgsarealer. Højden over havet kan karakteriseres ved, at 27.5 m niveaukurven efter målebordsbladet går midt gennem QY og 30 m niveaukurven midt gennem QX.

II. MARK- OG LABORATORIEARBEJDET

Markarbejdet er udført i juni 1963. Der er gravet et hul midt i hver parcel. Profilerne er beskrevet. Ved beskrivelsen er der først og fremmest lagt vægt på horisontfølge og horisonttykkelse. Teksturforskelligheder er der kun gjort få notater om, idet disse fremgår af analyseresultaterne. Profilbeskrivelserne er samlet i hovedtabel I, som er placeret bag i beretningen.

I hvert jordbundshul er der udtaget 3 jordprøver til undersøgelse i laboratoriet. Prøverne er taget i samme dybder i alle huller, nemlig:

10 cm's dybde,
50 cm's dybde
og 100 cm's dybde.

I laboratoriet er prøverne først lufttørrede. Derefter er de knust og sigtet på 2 mm hulsigte. Materialet mindre end 2 mm er anvendt ved analyserne, som har omfattet følgende:

a. Bestemmelse af pH såvel i vandig opslemning (pH·H_2O), som i en opslemning i 1.0 n KCl-opløsning (pH·KCl). Målingerne er foretaget på et lysnet-pH-meter med glaselektrode. Analyseresultaterne findes i tabel 2.

b. Mekaniske analyser er gennemført efter den af *Tovborg Jensen og Kjær* (1948) publicerede metode. Forinden er alt organisk stof brændt bort med brintoverilte (*Aslyng* 1952). Analyseresultaterne er lagt op i et dobbeltlogaritmisk koordinatsystem som summationskurver. Disse kurver er differentieret, og fordelingen til de internationale kornstørrelsesklasser fundet. Tabel 2 giver en oversigt over analyseresultaterne.

Tabel 2. Oversigt over jordanalyseværdier.
Table 2. A survey of the soil analysis values.

Parcel *Plot*	dybde *Depth*	pH H_2O	pH KCl	% korn i klassen *% grains of grade* 0-2 μ	2-20 μ	20-200 μ	> 200 μ
a	10 cm	6.0	5.0	17.2	18.8	42.5	21.5
	50 cm	7.4	5.3	26.1	15.7	39.2	19.0
	100 cm	8.1	6.4	21.2	19.0	42.3	17.5
b	10 cm	6.8	6.0	24.8	19.6	43.1	12.5
	50 cm	7.5	5.9	26.0	27.8	31.2	15.0
	100 cm	8.6	7.1	22.8	25.3	35.8	16.1
c	10 cm	4.8	3.6	15.0	19.0	44.0	22.0
	50 cm	6.0	4.2	22.0	14.0	43.0	21.0
	100 cm	6.8	5.2	28.2	17.8	35.5	18.5
d	10 cm	4.7	3.9	19.3	20.6	41.1	19.0
	50 cm	6.9	5.0	23.2	17.3	43.5	16.0
	100 cm	7.5	5.6	23.2	18.9	42.9	15.0
f	10 cm	4.0	3.3	12.2	19.7	47.1	21.0
	50 cm	5.5	3.6	26.6	13.6	47.3	12.5
	100 cm	8.5	7.2	18.5	21.7	40.8	19.0
g	10 cm	4.2	3.1	12.0	18.5	49.5	20.0
	50 cm	5.2	3.5	20.8	16.7	43.0	19.5
	100 cm	7.3	5.8	9.8	6.2	61.0	23.0
h	10 cm	4.8	3.5	14.8	17.0	48.2	20.0
	50 cm	6.2	4.2	24.7	15.8	35.0	24.5
	100 cm	7.6	5.7	28.0	18.0	33.0	21.0
i	10 cm	5.7	4.4	19.2	18.8	41.5	20.5
	50 cm	6.3	4.6	23.8	19.2	39.5	17.5
	100 cm	7.2	5.2	26.0	15.2	42.8	16.0
k	10 cm	4.3	3.2	8.5	12.5	51.0	28.0
	50 cm	5.4	4.0	6.4	12.3	54.3	27.0
	100 cm	6.4	4.5	20.2	15.9	41.9	22.0
l	10 cm	6.2	5.3	21.2	15.0	42.8	21.0
	50 cm	7.8	6.1	15.9	15.9	45.7	22.5
	100 cm	7.9	5.9	21.2	17.0	39.8	22.0

Tabel 2 (fortsat).
Table 2 (continued).

Parcel *Plot*	dybde *Depth*	pH H_2O	pH KCl	% korn i klassen *% grains of grade* 0-2 μ	2-20 μ	20-200 μ	> 200 μ
m	10 cm	4.4	3.6	18.0	20.0	40.0	22.0
	50 cm	5.4	4.2	10.4	15.8	42.3	31.5
	100 cm	6.9	4.6	21.8	16.2	38.0	24.0
n	10 cm	4.3	3.2	12.7	17.3	52.0	18.0
	50 cm	5.4	3.5	26.0	17.5	44.0	12.5
	100 cm	7.0	4.7	18.5	23.0	38.5	20.0
o	10 cm	4.9	3.7	9.7	12.1	50.7	27.5
	50 cm	5.9	4.6	4.4	3.9	82.2	9.5
	100 cm	6.6	4.7	25.2	16.8	37.5	20.5
p	10 cm	5.6	4.8	20.2	17.6	39.7	22.5
	50 cm	7.7	6.6	18.0	14.5	41.5	26.0
	100 cm	8.6	6.9	22.8	29.2	30.0	18.0
q	10 cm	5.1	4.3	15.8	12.2	45.5	26.5
	50 cm	6.0	4.5	8.5	9.7	51.3	30.5
	100 cm	7.0	4.9	32.8	23.7	29.0	14.5
r	10 cm	4.2	3.3	16.2	18.0	43.3	22.5
	50 cm	4.8	4.0	13.1	16.9	45.5	24.5
	100 cm	7.8	5.9	21.0	19.0	35.5	24.5
s	10 cm	4.5	3.4	17.0	20.5	42.5	20.0
	50 cm	5.5	3.7	24.0	16.5	39.5	20.0
	100 cm	6.0	4.2	21.2	20.8	41.0	17.0
t	10 cm	5.8	4.8	19.9	30.1	43.0	7.0
	50 cm	7.0	5.2	23.9	25.6	45.5	5.0
	100 cm	7.7	6.3	14.9	15.1	45.0	25.0

III. ANALYSERESULTATERNE

1. *Profilbeskrivelserne.*

Hovedtabel I viser profilbeskrivelserne for de enkelte parceller. Disse beskrivelser taler for sig selv, men det kan dog være nyttigt at lave nogle middeltalsdannelser for at lette oversigten. Sådanne middeltal er lavet dels for forsøgsareal QX's parceller, dels for forsøgsareal QY's parceller. Derved bliver det muligt at sammenligne de to forsøgsarealer.

Ved bearbejdningen er den øverste humusrige horisont ikke

udskilt, fordi forholdene veksler så stærkt på arealerne. På QX er der for eksempel både muld og mor i parcellerne d og g (se profilbeskrivelserne).

For QX (parcel a—l) får en middelprofil følgende udseende:

0 —23.4 cm: Overjord med humusindhold og dermed farve, som veksler stærkt fra profil til profil. Variationen går fra degraderet brunjord til sort, fed muldet horisont (eksempel — nældelavningen i parcel b).
Horisontens tykkelse varierer mellem 17 cm (parcel d) og 28 cm (parcel a). I middel er tykkelsen:

$$23.4 \text{ cm} \pm 1.23 \text{ cm}.$$

23.4—38.6 cm: Overgangshorisont med vekslende humusindhold. Humusindholdet er korreleret med humusindholdet i den overliggende horisont. Horisonten har i alle tilfælde en del reduktionsfænomener, som viser, at den er grundvandspåvirket.
Horisontens tykkelse varierer mellem 5 cm (parcel g) og 23 cm (parcel d og parcel k). I middel er tykkelsen:

$$15.2 \text{ cm} \pm 1.97 \text{ cm}.$$

38.6—100? cm: Marmoreret underjord. Marmoreringen skyldes, at veliltede (rødbrune) partier veksler med reducerede (blågrå eller grå) partier. Horisonten er helt under grundvand i vinterperioden. Den 25/6-1963 var grundvandstanden i parcel b (nældelavning) cirka 100 cm under jordoverfladen. I to tilfælde (parcel f og k) er det noteret, at den øvre del af horisonten var tæt lejret med leralpræg.

For QY (parcel m—t) har en middelprofil følgende udseende:

0. —23.9 cm: Overjord, der kan beskrives som på QX. Horisontens tykkelse varierer mellem 10 cm (parcel m) og 35 cm (parcel o). I middel er tykkelsen:

$$23.9 \text{ cm} \pm 2.57 \text{ cm}.$$

23.9—41.4 cm: Overgangshorisont som på QX. Horisontens tykkelse varierer mellem 8 cm (parcel n) og 27 cm (parcel r). I middel er tykkelsen:

$$17.5 \text{ cm} \pm 2.31 \text{ cm}.$$

41.4—100? cm: Marmoreret underjord som på QX. Det er ved de enkelte beskrivelser noteret, at grundvandspræget i nogle tilfælde er relativt svagt (parcel m og parcel r). Endvidere er der kun to parceller (parcel p og parcel t), hvor det ikke er bemærket, at horisontens øvre del er tæt lejret med leralpræg.

For fuldstændighedens skyld skal det bemærkes, at når ordet „leral" er nævnt i begge sæt profilbeskrivelser, så må det tages med forbehold. Det er velkendt for alle, som har beskæftiget sig med morfologiske profilbeskrivelser, at karakteren af den tættere lejring og dermed leralpræget, som afsløres ved at prikke i profilen med pedologens vigtigste værktøj, kniven, i høj grad er præget af profilens fugtighedsgrad. Hvis horisonten er leret og meget stærkt udtørret, kan den give en „leralfornemmelse", som ikke genfindes, når profilen er vandmættet. Udtørringen af profilen som følge af vegetationens vandforbrug sker ovenfra og er størst i de øvre lag, med mindre det nylig har regnet. I vegetationsperioden vil den øvre del af underjorden (QX fra 38.6 cm, QY fra 41.4 cm) i reglen være tørrere end de dybere dele af samme horisont. I de foreliggende tilfælde må det dog antages, at disse forhold ikke har påvirket beskriveren.

I denne forbindelse skal det nævnes, at farvebeskrivelser, som heftes på en profil, også er stærkt præget af profilens øjeblikkelige fugtighed. Det er i de fleste tilfælde ikke praktisk muligt at lave en objektiv farvebeskrivelse. En sådan kræver, at farverne bestemmes ved sammenligning af såvel fugtige som tørre prøver med standardfarver.

Ved en sammenligning af de to middelprofiler, som repræsenterer hver sit forsøgsareal, er der flere ting som falder i øjnene. Det første er, at leral kun er nævnt i 2 profilbeskrivelser af 10 på QX, men i 6 profilbeskrivelser af 8 på QY. Her synes der altså at være en forskel mellem de to arealer.

Går man derefter i detailler med hensyn til horisonttykkelserne, ses det, at den øverste, humøse horisont, som ikke er præ-

get af grundvand, i middel har samme mægtighed på de to arealer (QX: 23.4 cm; QY: 23.9 cm). Tallene viser uden videre, at der ikke er signifikante forskelle.

Variationerne synes derimod ikke at være de samme på de to arealer. På QX varierer tykkelsen mellem 17 cm og 28 cm, medens den på QY varierer mellem 10 cm og 35 cm. Variationen er altså væsentlig større på QY end på QX. Til en statistisk bedømmelse af denne forskel kan man benytte varianserne for de to arealer. På QX er variansen 15.11, på QY 53.29. Varianskvotienten $\frac{53.29}{15.11} = 3.53$ er så stor, at det må antages, at der er forskel mellem arealerne. Tabeller for denne størrelse viser nemlig, at grænseværdien ved 95 % statistisk sikkerhed er 3.30 (*Graf og Henning* 1958).

Overgangshorisontens tykkelse er i middel 15.2 cm $\pm$ 1.97 cm på QX og 17.5 cm $\pm$ 2.31 cm på QY. Det fremgår umiddelbart, at den gennemsnitlige forskel i tykkelsen på 2.3 cm ikke er statistisk sikker.

Variationen i horisontmægtigheden er på QX fra 5 cm til 23 cm og på QY fra 8 cm til 27 cm. De forskelle mellem arealerne, som disse tal afspejler, er heller ikke statistisk sikre. På QX er variansen 38.89 og på QY 42.57. Varianskvotienten er væsentligt mindre end grænseværdien ved 95 % statistisk sikkerhed på 3.30 (se ovenfor).

I engelsksproget litteratur opererer man med størrelsen "depth to mottling". det vil sige afstanden fra jordoverfladen til den egentlige grundvandsprægede horisont. "Mottling" betyder marmorering. Ved den foreliggende undersøgelse er "depth to mottling" summen af tykkelserne af de to øverste horisonter. På QX er denne i middel 38.6 cm $\pm$ 2.51 cm med variation fra 25 cm (parcel g) til 50 cm (parcel k). På QY er den i middel 41.4 cm $\pm$ 2.16 cm, og her går variationen fra 35 cm (parcel m og parcel t) til 50 cm (parcel o).

På baggrund af de tal og statistiske afprøvninger, som er givet i det foregående, er det uden videre klart, at der ikke er nogen statistisk sikker forskel mellem de to arealer.

Sammenfattende kan det siges, at der ikke er store forskelle mellem de to arealer hvad profilbeskrivelserne angår. Væsentligt er det, at tendensen til leralforekomst er større på QY end på QX. Det må derimod erkendes, at der indenfor det enkelte

areal er en betydelig variation fra parcel til parcel. Dette gælder såvel den omtalte tendens til leralforekomst som mægtigheden af de enkelte horisonter. For den øverste horisonts vedkommende er det vist, at der er statistisk sikker forskel i variationen på de to arealer. Variationen er større på QY end på QX.

2. *De mekaniske analyser.*

Tabel 2 viser resultaterne af de mekaniske analyser. Ved den efterfølgende gennemgang tages der kun hensyn til lerindholdene. Leret er en af jordbundens vigtigste bestanddele, idet ler influerer både på jordens vandholdende evne og på dens evne til at fastholde plantenæringsstoffer, sådan at disse på den ene side er plantetilgængelige, på den anden side ikke udvaskes alt for let. Et vist lerindhold er således et gode set fra jorddyrkerens synsvinkel. Hvis lerindholdet er meget højt, har jorden ofte en ugunstig struktur. Svære lerjorder er vanskeligt gennemtrængelige for vand og derfor vandlidende.

Tabel 2 viser, at der er en meget stor variation i lerindholdet både fra parcel til parcel og mellem de enkelte undersøgelsesdybder. Hvad det sidste angår, viser tabellen alle tænkelige kombinationer. For eksempel er i parcel l lerindholdet større i 10 cm's dybde end i 50 cm's dybde, i parcel t størst i 50 cm's dybde og i parcel q størst i 100 cm's dybde.

For at få et samlet overblik over forholdene på de to arealer kan man beregne middeltal for hver dybde på hvert areal. Derefter kan man dels indenfor de enkelte arealer sammenligne middeltallene for de forskellige dybder, dels kan man foretage en sammenligning af de to forsøgsarealer.

På QX er middeltallene følgende:

I 10 cm's dybde er middellerindholdet 16.4 % ± 1.54 %, og det varierer mellem 8.5 % (parcel k) og 24.8 % (parcel b).

I 50 cm's dybde er middellerindholdet 21.6 % ± 1.96 %, og det varierer mellem 6.4 % (parcel k) og 26.6 % (parcel f).

I 100 cm's dybde er middellerindholdet 21.9 % ± 1.69 % med variation mellem 9.8 % (parcel g) og 28.2 % (parcel c).

Variationsbredden i de tre forskellige dybder er af samme størrelsesorden. Varianserne (her de anførte middelfejl) er ikke signifikant forskellige. Endvidere er forskellen i middellerindhold mellem 50 cm's dybde og 100 cm's dybde meget lille.

Middellerindholdet i 10 cm's dybde er derimod væsentligt lavere end i de to andre dybder. Mellem middellerindholdet i 10 cm's dybde og middellerindholdet i 50 cm's dybde er differensen 5.2 %. Såfremt man lægger sig fast på en statistisk sikkerhed på 95 %, er denne differens *ikke* signifikant forskellig fra 0. Et t-test giver en t-værdi på 2.08, og den er lidt lavere end grænseværdien for t ved 95 % statistisk sikkerhed, som er 2.10.

Mellem middellerindholdet i 10 cm's dybde og middellerindholdet i 100 cm's dybde er differensen 5.5 %. Denne differens er signifikant større end 0, idet en beregnet t-værdi har størrelsen 2.40.

På QY er middeltallene følgende:

I 10 cm's dybde er middellerindholdet 16.2 % ± 1.25 % med en variation mellem 9.7 % (parcel o) og 20.2 % (parcel p).

I 50 cm's dybde er middellerindholdet 16.0 % ± 2.87 % med en variation mellem 4.4 % (parcel o) og 26.0 % (parcel n).

I 100 cm's dybde er middellerindholdet 22.3 % ± 1.85 %, og her varierer lerindholdet mellem 14.9 % (parcel t) og 32.8 % (parcel q).

På dette areal er lerindholdet i gennemsnit det samme i 10 cm's dybde og i 50 cm's dybde. Variationen i lerindhold er dog væsentlig større i 50 cm's dybde end i 10 cm's dybde. Varianskvotienten for de to dybder er 5.22, og den er signifikant på 95 %-niveauet. Det vil sige, at variationen i lerindholdet med en statistisk sikkerhed på mere end 95 % er større i 50 cm's dybde end i 10 cm's dybde. Derimod giver sammenligning af variationen i 10 cm's dybde med variationen i 100 cm's dybde og af 50 cm's dybde med 100 cm's dybde ikke så store varianskvotienter, at man overskrider grænseværdien for 95 % sikkerhed.

I 100 cm's dybde er middellerindholdet væsentligt større end i 50 cm's dybde og i 10 cm's dybde. Mellem 10 cm's dybde og 100 cm's dybde er forskellen (6.1 %) signifikant (statistisk sikkerhed 95 %). Det er den derimod ikke mellem 50 cm's dybde og 100 cm's dybde (6.3 %), blandt andet fordi variationen i lerindhold er så betydelig i 50 cm's dybde.

Sammenligner man de to arealer, fremgår det, at middellerindholdene på det nærmeste er ens i 10 cm's dybde (QX: 16.4 %; QY: 16.2 %) og i 100 cm's dybde (QX: 21.9 %; QY: 22.3 %). I 50 cm's dybde er der derimod en betydelig forskel i det gen-

nemsnitlige lerindhold (QX: 21.6 %; QY: 16.0 %). Forskellen på 5.6 % er dog ikke signifikant forskellig fra 0 ved et krav om en statistisk sikkerhed på 95 %.

Om resultaterne af de mekaniske analyser kan følgende siges som sammenfatning:

Der er en meget betydelig variation i jordens mekaniske sammensætning på de to forsøgsarealer. Den store variation medfører, at der kun kan påvises et par signifikante forskelle i gennemsnitslerindhold og variation, og disse vedrører ikke sammenligningen af de to arealer.

3. *pH-bestemmelserne.*

Tabel 2 giver en oversigt over de målte pH-værdier. Der er det normale, gennemgående træk, at pH-værdierne både i vandig opslemning og i opslemning i 1.0 n KCl stiger ned gennem profilerne. Iøvrigt er der i de øverste horisonter en betydelig variation i pH-værdierne, mens forholdene er mere udjævnede i de dybere horisonter, hvor prøverne er taget under eller nær kalkgrænsen.

For at give et bedre overblik over måleresultaterne er der beregnet middeltal horisont for horisont for de to forsøgsarealer. Før disse middeltal gives, skal det bemærkes, at *Shiue og Chin* (1957) har foretaget en undersøgelse af, hvordan man bearbejder pH-værdier statistisk. Rent umiddelbart må det antages, at pH-værdier, der som bekendt er indeks for H^+-koncentrationerne i opslemningen ikke uden videre lader sig bearbejde statistisk ved de normalt anvendte metoder (jfr. *Holstener-Jørgensen* 1964). *Shiue og Chin* når dog ved deres undersøgelse til det resultat, at en anvendelig (den bedste?) transformation af H^+-koncentrationer ved en statistisk bearbejdning er overgang til pH-værdier. Der skulle derfor ikke være noget til hinder for, at anvende normale statistiske arbejdsmetoder som variansanalyse m. m. på pH-værdier.

På QX er middeltallene følgende:

I 10 cm's dybde er middel-pH målt i vandig opslemning ($pH \cdot H_2O$) 5.15 $\pm$ 0.302 med en variation fra 6.8 (parcel b) til 4.0 (parcel f). I samme dybde varierer pH målt i 1.0 n KCl-opslemning ($pH \cdot KCl$) mellem 6.0 (parcel b) og 3.1 (parcel g). Middelværdien er 4.13 $\pm$ 0.317.

I 50 cm's dybde varierer pH·H_2O mellem 7.8 (parcel l) og 5.2 (parcel g) omkring middelværdien 6.42 ± 0.295. pH·KCl varierer i denne dybde mellem 6.1 (parcel l) og 3.5 (parcel g), og middelværdien er 4.64 ± 0.288.

I 100 cm's dybde varierer pH·H_2O mellem 8.6 (parcel b) og 6.4 (parcel k) med middelværdien 7.59 ± 0.223. pH·KCl varierer imellem 7.2 (parcel f) og 4.5 (parcel k). Middelværdien er 5.86 ± 0.267.

På QY er middeltallene følgende:

I 10 cm's dybde er pH·H_2O i middel 4.85 ± 0.214 med en variation mellem 5.8 (parcel t) og 4.2 (parcel r). pH·KCl varierer i denne dybde mellem 4.8 (parcel p og parcel t) og 3.2 (parcel n). Middelværdien er 3.89 ± 0.231.

I 50 cm's dybde varierer pH·H_2O mellem 7.7 (parcel p) og 4.8 (parcel r) omkring middelværdien 5.96 ± 0.335. pH·KCl er i middel 4.54 ± 0.350 og varierer mellem 6.6 (parcel p) og 3.5 (parcel n).

I 100 cm's dybde er pH·H_2O i middel 7.20 ± 0.284 og varierer mellem 8.6 (parcel p) og 6.0 (parcel s). pH·KCl er i middel 5.28 ± 0.340 med en variation mellem 6.9 (parcel p) og 4.2 (parcel s).

Det er allerede nævnt, at begge de målte pH-værdier stiger ned gennem profilerne. Et blik på grundmaterialets tal (tabel 2) viser, at et sådant forløb er generelt, og at det er signifikant.

Der er ingen grund til at ofre beregningstid på en statistisk analyse.

Foranstående gennemgang af middelværdierne på de to arealer viser, at der er forskel mellem de to arealer. Tabel 3 letter oversigten. Det fremgår, at der i alle dybder er større gennemsnitlig pH på QX end på QY.

Tabel 3. Oversigt over middelværdier.
Table 3. A survey of mean values.

	10 cm's dybde *Depth of 10 cm*		50 cm's dybde *Depth of 50 cm*		100 cm's dybde *Depth of 100 cm*	
	QX	QY	QX	QY	QX	QY
% ler *% clay*	16.4	16.2	21.6	16.0	21.9	22.3
pH·H_2O	5.15	4.85	6.42	5.96	7.59	7.20
pH·KCl	4.13	3.89	4.64	4.54	5.86	5.28

Der er visse korrelationer i materialet, og man bør også tage hensyn til dem, når man undersøger, om der er signifikante forskelle mellem forsøgsarealerne. Da korrelationerne, som det fremgår af det følgende, er temmelig komplicerede, og materialet begrænset, skal det kun fastslås, at materialet viser, at jorden gennemsnitlig er noget surere på QY end på QX.

4. *Om nogle korrelationer i materialet.*

I det foreliggende materiale er der målt pH såvel i vandig opslemning som i opslemning i 1.0 n KCl. Grunden, til at begge størrelser er målt, er, at det er „kutyme". En række undersøgelser har vist, at pH i vandig opslemning er underkastet en årstidsvariation (se f. eks. *Tovborg Jensen* 1932 og *Dorph-Petersen* 1950), mens pH målt i opslemning i 1.0 n KCl næsten er uafhængig af årstiden. Årstidsvariationen — når pH måles i vandig opslemning — er ikke altid lige udpræget, og er i visse tilfælde ikke påviselig (*Kristensen og Steenbjerg* 1948). *Kristensen og Steenbjerg* konkluderer (l. c. side 130): „Indtil videre maa man regne med den Kendsgerning, at Reaktionstallet, maalt i en Opslemning af Jorden i destilleret (udkogt) Vand, for visse Jorder er lavere fra Maj til September og særlig i Maanederne Juni, Juli og August, medens dette ikke er Tilfældet for andre Jorder." De fortsætter: „Som *Tovborg Jensen* (1) har vist, kan disse tidsmæssige Variationer undgaas ved Maaling af Reaktionstallet i en Opslemning af Jorden i 1-normal Kaliumklorid. Ved Statens Planteavls-Laboratorium maales enhver Jord baade i Vand og Kaliumklorid, og det har, som det kunde ventes, vist sig, at særlig overgødede Havejorder har omtrent samme pH-værdi, enten der maales i Vand eller Kaliumklorid. For saadanne Jorder opgives Reaktionstallet maalt i Vand. For alle andre Jorder maales Reaktionstallet saaledes, at en eventuel Tidsvariation udelukkes." (l. c. side 130—131).

Dorph-Petersen (1950) meddeler: „Af denne og andre årsager er Statens Planteavls-Laboratorium fra 1. april 1938 gået over til at foretage alle bestemmelser af jordens reaktionstal i en opslemning af jord i 1 n klorkaliumopløsning. For dog at bevare kontinuiteten med de tidligere reaktionstal (R_t) angives jordens reaktion ved udsendelsen af analyseresultater stadig som R_t, idet klorkaliumtallet på grundlag af et stort antal bestemmelser efter begge metoder omregnes til det gammelkendte R_t."

(l. c. side 651) og (l. c. side 675): „Klorkaliumtallet, der nu danner grundlaget for laboratoriets opgivelse af reaktionstallet."

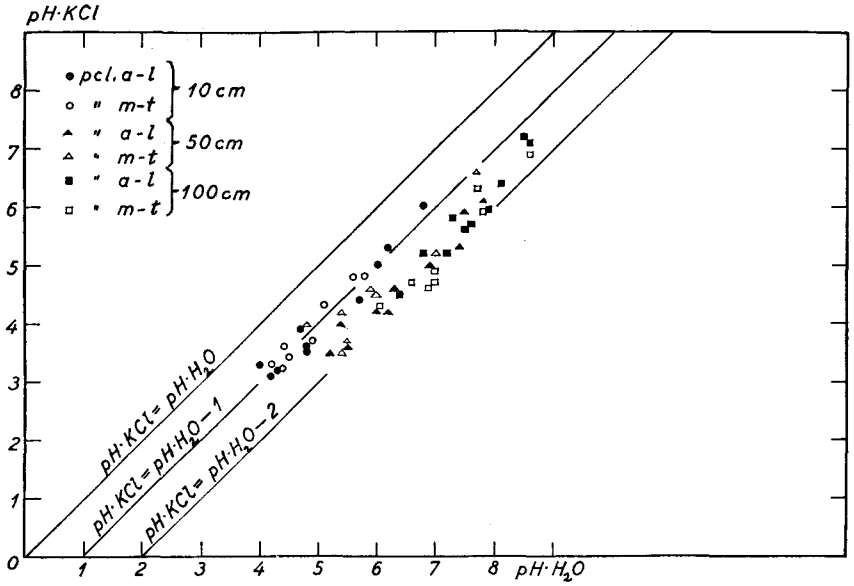
Kristensen og Steenbjerg (1948) melder, at R_t måles såvel i vandig opslemning som i opslemning i 1.0 n KCl, og man vurderer, om den ene eller den anden størrelse skal benyttes som analyseresultat.

Dorph-Petersen (1950) oplyser (fra samme laboratorium), at man fra 1. april 1938 måler pH i KCl og korrigerer til et R_t. Korrektionen sker ved tillæg til klorkaliumtallet. Det danske Hedeselskab angav i 1956 på deres skemaer med analyseresultater, at reaktionstallet R_t var „målt i en opslemning af jorden i en 7.5 pct.s klorkaliumopløsning og opført som klorkaliumtal + 1." I 1962 var målemetoden den samme, men korrektionen + 0.9. Der sker altså en løbende ændring af korrektionsstørrelsen.

I de officielle landbrugsministerielle analyseforskrifter fra 1963 meddeles (Arbejdsmetoder, III del, side 9): „Bestemmelsen af reaktionstallet i henhold til foranstående definition udføres derfor i praksis på den måde, at man bestemmer pH i en opslemning af jorden i 1 m kaliumchlorid og forhøjer den målte pH-værdi med 0.9".

Til yderligere belysning af spørgsmålet kan følgende citeres fra *Piper* (1950, side 10): "Some analysts prefer to determine soil reaction in suspensions made with a normal solution of potassium chloride instead of water. Values obtained in such potassium chloride suspensions are generally about 1·5 units lower than in aqueous suspensions. The pH values determined in N potassium chloride suspensions appear to be less influenced by changes in biological and meteorological conditions and thus measure a more permanent characteristic of the soil. The seasonal fluctuations are largely associated with variations in the salt content of the soil. The concentration of potassium chloride used masks any effects due to the small and variable amounts of salts naturally present. However, the conditions in potassium chloride suspension are purely artificial, and there is little to commend the practice."

På denne baggrund er det af nogen interesse at se, hvordan korrelationen er mellem størrelserne pH målt i vandig opslemning (pH·H_2O) og pH målt i en opslemning i 1.0 n KCl (pH·KCl). Fig. 1 viser disse to størrelser lagt op i et koordinatsystem. Ved



Figur 1. Sammenhæng mellem pH·H_2O og pH·KCl i forskellige dybder på de to forsøgsarealer. Signaturerne angiver henholdsvis parcelgruppe og dybden i profilen.

Fig. 1. The relation between pH·H_2O and pH·KCl at various depths in the two experimental areas. The symbols indicate plot group and depth respectively.

hjælp af 6 forskellige signaturer er det gjort muligt at skelne dels mellem de tre undersøgelsesdybder, dels mellem de to forsøgsarealer.

På figuren er endvidere indlagt tre parallelle linier. Disse linier repræsenterer følgende tre ligninger:

1) pH·KCl = pH·H_2O
2) pH·KCl = pH·H_2O — 1
3) pH·KCl = pH·H_2O — 2

Figuren viser tydeligt, at pH stiger ned igennem profilen. pH-værdierne for 10 cm's dybde ligger på figuren nederst til venstre. pH-værdierne for 50 cm's og navnlig 100 cm's dybde øverst til højre.

Derudover viser figuren et meget karakteristisk træk. Hovedparten af iagttagelserne ligger mellem linierne, som repræsenterer ligningerne 2) pH·KCl = pH·H_2O — 1 og 3) pH·KCl = pH·H_2O — 2. Det ser med andre ord ud til, at når der er tale om

skovjorder fra forskellig dybde, så ligger korrektionstillægget til pH·KCl ikke på 1.0 endsige under denne størrelse.

Figuren viser imidlertid også, at punkterne ikke fordeler sig jævnt mellem de to linier. Punkterne for 10 cm's dybde ligger nær ved linien pH·KCl = pH·H_2O — 1. For 10 cm's dybde er korrektionstillægget altså nær 1.0. Dette er i overensstemmelse med, at differensen mellem middelværdierne af pH·H_2O og pH·KCl (middel for begge prøveflader) er 5.02 — 4.02 = 1.00.

Dette korrektionstillæg er af størrelsesordenen som det, man opererer med i landbruget, hvor undersøgelsesdybden praktisk taget er 0—25 cm (pløjelaget).

Punkterne for 50 cm's dybde og 100 cm's dybde nærmer sig linien pH·KCl = pH·H_2O — 2. For 50 cm's dybde er differensen mellem middelværdierne af pH·H_2O og pH·KCl: 6.22 — 4.59 = 1.63.

For 100 cm's dybde giver de samme størrelser: 7.42 — 5.60 = 1.82.

Tallene antyder, at korrektionstillægget bør stige med prøveudtagningsdybden. Sagen er imidlertid ikke *så* enkel. Ved ovenstående betragtninger er det forudsat, at de to størrelser pH·H_2O og pH·KCl er lineært korrelerede, og at hældningskoefficienterne er 1.0. Det er imidlertid ikke tilfældet i det foreliggende materiale.

De nævnte størrelser er snævert lineært korrelerede. Det fremgår af korrelationskoefficienternes størrelse:

10 cm: r = 0.97
50 cm: r = 0.93
100 cm: r = 0.96.

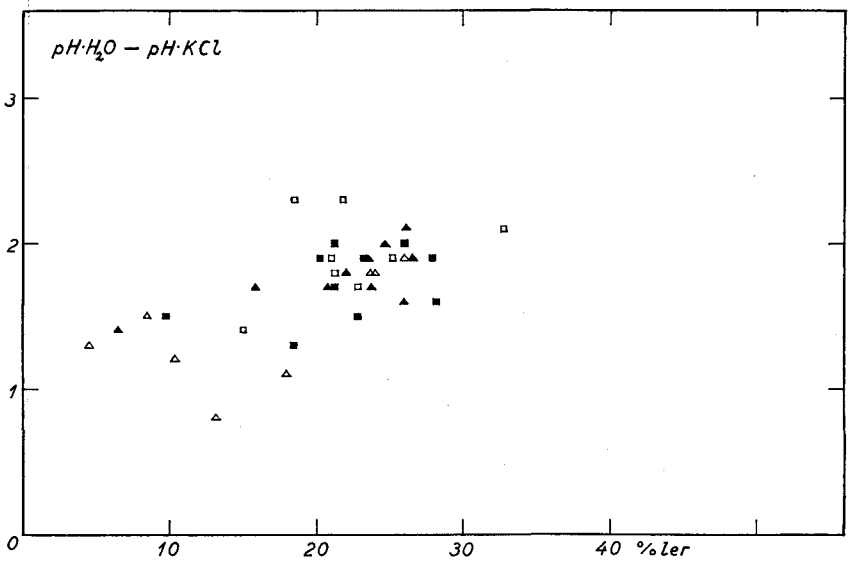
Ved disse og de følgende beregninger er materialerne fra de to forsøgsarealer slået sammen.

De beregnede regressionslinier har følgende ligninger:

10 cm: pH·KCl = 1.02 · pH·H_2O — 1.10
50 cm: pH·KCl = 0.91 · pH·H_2O — 1.07
100 cm: pH·KCl = 1.18 · pH·H_2O — 3.16.

Hældningskoefficienten er altså navnlig for de dybere lag forskellig fra 1.0.

Da der kun er tale om et forholdsvis lille materiale, som næppe kan generaliseres, anser forfatteren, at det er formålsløst



Figur 2. Differensen mellem pH·H_2O og pH·KCl lagt op over de respektive jordprøvers lerindhold. Signaturer som på figur 1.

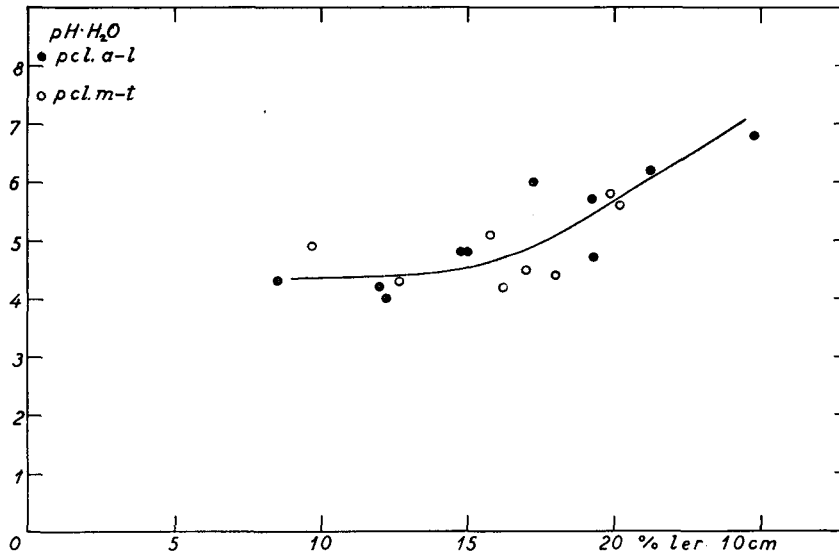
Fig. 2. The difference between pH·H_2O and pH·KCl superimposed on the clay-content of the respective soil samples. Symbols as in Fig. 1.

at teste ligningernes konstanter mod hinanden. Dette så meget mere som simple regressionsligninger af ovenstående type næppe fyldestgørende kan gøre rede for de reelle sammenhænge. Det sidste kan belyses ved figur 2.

I figur 2 er differenserne pH·H_2O — pH·KCl lagt op over lerindholdet i de respektive dybder. For at undgå at humusindholdet i 10 cm's dybde komplicerer billedet, er der kun arbejdet med 50 og 100 cm's dybde. Figuren viser, at differenserne vokser med lerindholdet.

Som man ser, tyder det fremlagte materiale på, at relationerne mellem pH·H_2O og pH·KCl ikke, i hvert fald ikke for skovjorder, er ganske simple. De synes, som det er demonstreret, at ændre sig både med udtagningsdybden og med lerindholdet. Hele problemstillingen trænger kort sagt til en nærmere analyse baseret på et stort materiale.

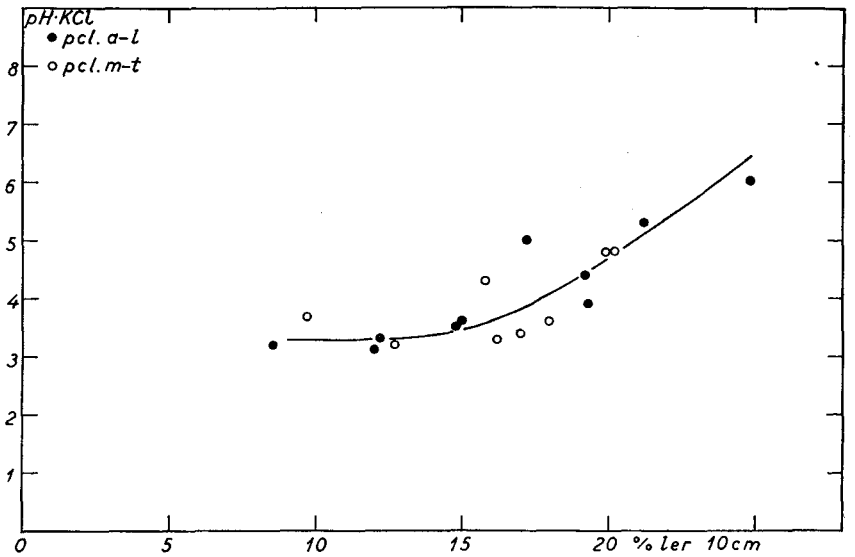
I det indsamlede materiale er der andre korrelationer, som i forbindelse med lokalitetsbeskrivelsen er nok så interessante.



Figur 3. pH·H_2O i 10 cm dybde lagt op over lerindholdet.
Fig. 3. pH·H_2O at the depth of 10 cm superimposed on the clay-content.

I figur 3 er pH·H_2O i 10 cm's dybde lagt op over lerindholdet i samme dybde, og i figur 4 er pH·KCl i 10 cm's dybde lagt op over lerindholdet. I begge figurer er der en klar sammenhæng, som kan beskrives ved de indtegnede frihåndsudjævningskurver. Ved høje lerindhold er pH høj. Indtil en vis grænse falder pH med faldende lerindhold. Efter det fremlagte materiale at dømme, ligger den nævnte grænse ved et lerindhold på cirka 15 %. Fra denne værdi er udjævningskurven næsten vandret. Man får det indtryk, at der er en nedre grænseværdi (asymptote-værdi) for pH, og denne ser ud til for pH·H_2O at ligge på cirka 4 og for pH·KCl på cirka 3.

Både for figur 3 og figur 4 er der signaturmæssigt skelnet mellem QX (10 parceller) og QY (8 parceller). For at bedømme den statistiske sikkerhed på sammenhængene må man, da der øjensynlig ikke er tale om en retliniet korrelation, foretage en transformation af talmaterialet. En af de simpleste transformationer er overgang til rangordning og påfølgende beregning af rangkorrelationskoefficienter (om Spearmans rangkorrelati-



Figur 4. pH·KCl i 10 cm dybde lagt op over lerindholdet.
Fig. 4. pH·KCl at the depth of 10 cm superimposed on the clay-content.

onskoefficienter se *Graf og Henning*, 1958). Beregnede rangkorrelationskoefficienter har følgende størrelser:

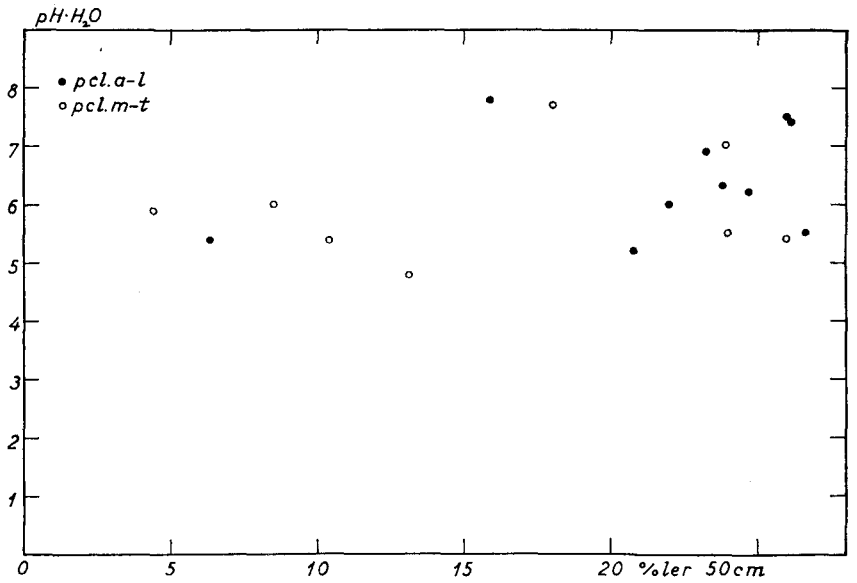
For QX: pH·H_2O — ler = 0.82**
pH·KCl — ler = 0.94***
For QY: pH·H_2O — ler = 0.45
pH·KCl — ler = 0.54

For de sammenslåede materialer:

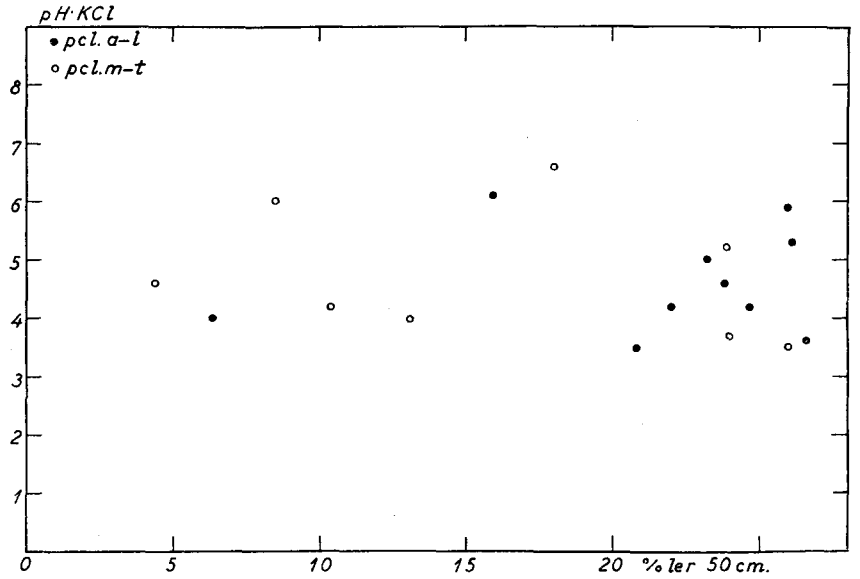
pH·H_2O — ler = 0.70**
pH·KCl — ler = 0.81***

Stjernerne angiver signifikansniveauet. * svarer til 95 %, ** til 99 % og *** til 99.9 % statistisk sikkerhed.

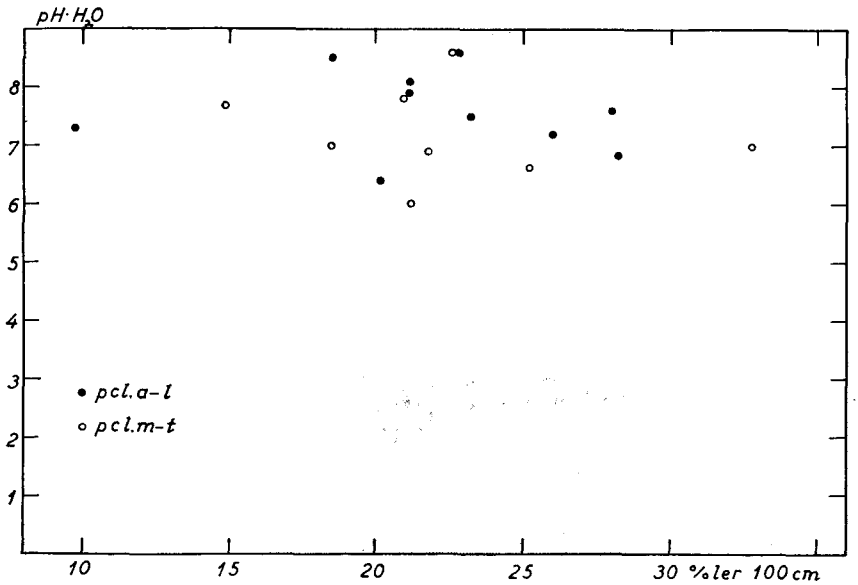
En korrelation er altså ganske klar for QX, mens den ikke er fuldt signifikant for QY. Endvidere mærker man sig, at korrelationskoefficienterne for pH·KCl — ler gennemgående er noget højere end korrelationskoefficienterne for pH·H_2O — ler. Forskellene er dog ikke signifikante.



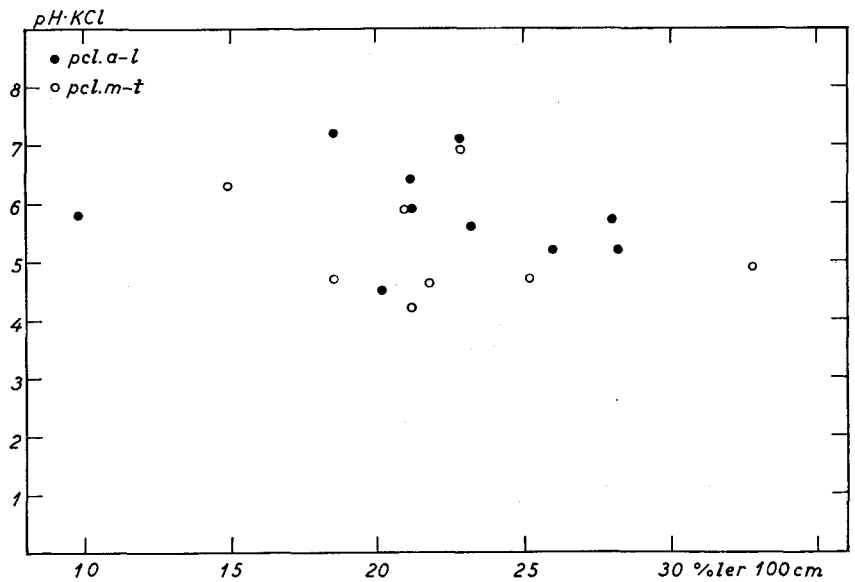
Figur 5. pH·H_2O i 50 cm dybde lagt op over lerindholdet.
Fig. 5. pH·H_2O at the depth of 50 cm superimposed on the clay-content.



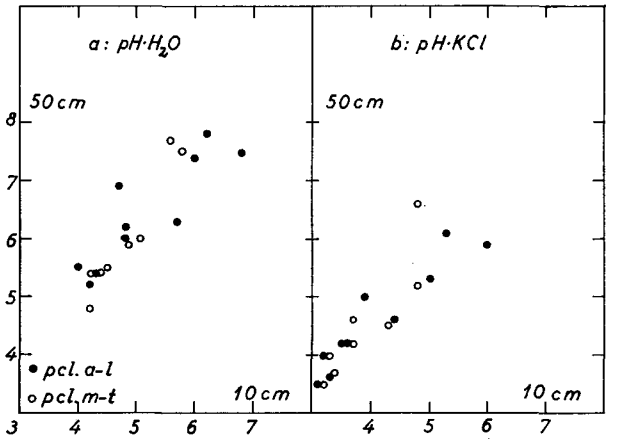
Figur 6. pH·KCl i 50 cm dybde lagt op over lerindholdet.
Fig. 6. pH·KCl at the depth of 50 cm superimposed on the clay-content.



Figur 7. pH·H_2O i 100 cm dybde lagt op over lerindholdet.
Fig. 7. pH·H_2O at the depth of 100 cm superimposed on the clay-content.



Figur 8. pH·KCl i 100 cm dybde lagt op over lerindholdet.
Fig. 8. pH·KCl at the depth of 100 cm superimposed on the clay-content.



Figur 9. Sammenhængen mellem pH i 50 cm dybde og pH i 10 cm dybde.

Fig. 9. The relation between pH at the depth of 50 cm and pH at the depth of 10 cm.

I figurerne 5 og 6 er henholdsvis pH·H_2O og pH·KCl i 50 cm's dybde lagt op over procent ler i samme dybde. Signaturerne er de samme som i de to foregående figurer.

Der er ikke i nogen af figurerne overbevisende sammenhænge mellem pH og procent ler. Rangkorrelationskoefficienterne er da også lave og insignifikante. Det fremgår af følgende oversigt:

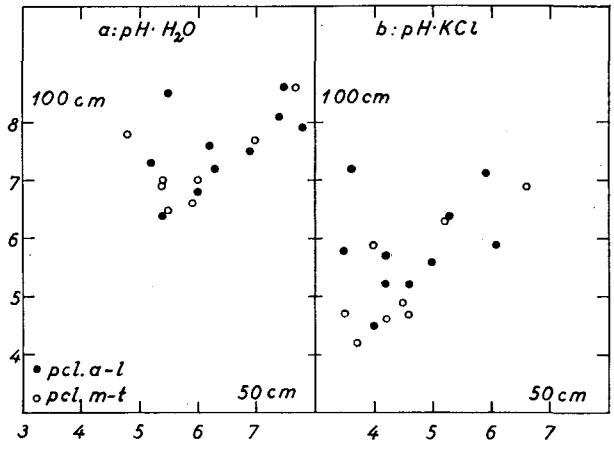
For QX: pH·H_2O — ler = 0.22
pH·KCl — ler = 0.10
For QY: pH·H_2O — ler = — 0.08
pH·KCl — ler = — 0.43

For de sammenslåede materialer:

pH·H_2O — ler = 0.25
pH·KCl — ler = — 0.06.

Det samme gælder figurerne 7 og 8. Her er pH·H_2O henholdsvis pH·KCl i 100 cm's dybde lagt op over procent ler i samme dybde. For disse to figurer er der beregnet følgende rangkorrelationskoefficienter:

For QX: pH·H_2O — ler = — 0.20
pH·KCl — ler = — 0.41
For QY: pH·H_2O — ler = — 0.21
pH·KCl — ler = — 0.08



Figur 10. Sammenhængen mellem pH i 100 cm dybde og pH i 50 cm dybde.

Fig. 10. The relation between pH at the depth of 100 cm and pH at the depth of 50 cm.

For de sammenslåede materialer:

$$pH \cdot H_2O - ler = -0.16$$
$$pH \cdot KCl - ler = -0.19.$$

Det ser altså ud til, at den sammenhæng mellem tekstur og pH, som er vist for de øvre 10 cm (figur 3 og figur 4) er indskrænket til dette lag.

Imidlertid er der en anden pH-sammenhæng for de dybere lags vedkommende. Figurerne 9 a og b og 10 a og b viser korrelationerne mellem pH-værdier for naboprøver (vertikalt) fra samme jordbundshul. Det fremgår, at der er korrelation mellem disse værdier. Sammenhængene er bedst for pH·10 cm/pH·50 cm (figur 9), og man ser, at spredningerne er større ved høje pH-værdier end ved lave pH-værdier.

IV. DISKUSSION

Såvel *Tovborg Jensen* (1932) som *Kristensen og Steenbjerg* (1948) og *Dorph-Petersen* (1950) har undersøgt pH's årstidsvariation. *Tovborg Jensen* og *Dorph-Petersen* finder en sådan variation i deres materialer, mens *Kristensen og Steenbjerg* ikke finder en tilsvarende årstidsvariation. I de publicerede danske undersøgelser finder man altså en træfferprocent på 66 (2 af

3). Dette er, såvidt det er forfatteren bekendt, det publicerede grundlag for at indføre måling af reaktionstal i 1.0 n KCl og korrigere de målte størrelser ved simpel addition af en konstant for at bevare tilknytningen til de gamle reaktionstal målt i H_2O.

Det fremgår af nærværende undersøgelse, at en sådan fremgangsmåde ikke kan overføres til skovjord. For de øvre lag (prøveudtagning ved 10 cm's dybde svarende til landbrugets pløjelag) er korrektionstillægget noget større end 1.0 og altså større end de 0.9, som landbruget opererer med. For dybere lag er korrektionstillægget endnu større, og for disse dybder har regressionsligningerne regressionskoefficienter, som er forskellige fra 1.0. Endelig ser det ud til, at det hele yderligere kompliceres af, at lerindholdet influerer på forholdet.

Spørgsmålet er, om ikke hele problemstillingen kræver en mere dybtgående analyse, end der hidtil har været gennemført.

For skovjorder er det uomtvisteligt, men også for landbrugsjorder mener forfatteren, at det må være påkrævet. Der skal i denne forbindelse mindes om, at enhver gødskning med kationer influerer på jordens pH. *Tovborg Jensen* (1929) fandt, at salpetertilførsel hæver pH, gødskning med svovlsur ammoniak sænker pH, mens kaligødning og superfosfat næppe havde nogen virkning. *Holstener-Jørgensen* (1964) fandt, at pH steg i et gødningsforsøg både efter tilførsel af kalksalpeter (Ca^{++}) og kaligødning (K^+) og efter tilførsel af den „sure" superfosfat (Ca^{++}). Landbruget bruger større og større gødningsmængder, og det er sandsynligt, at forholdet $pH \cdot H_2O/pH \cdot KCl$ påvirkes af de øgede indgreb i jordens kationbalance. Det skal tilføjes, at når *Tovborg Jensen* (1929) ikke fandt virkning af kaligødning og superfosfat på pH, *kan* det skyldes, at ved hans undersøgelse har bortførselen af kationer med de høstede afgrøder tilsløret processerne.

Det er vist, at der er en sammenhæng mellem pH og jordens lerindhold i 10 cm's dybde. Jo mere sandet jorden er, desto mindre er pH, det vil sige, desto større er H^+-koncentrationen. *Tovborg Jensen* (1936) har vist, at der er en snæver, positiv, retliniet korrelation mellem basemætningsgrad og pH. Det vil sige, at jo tættere besat jordkolloiderne er med andre kationer end H^+ (for eksempel Ca^{++}, Mg^{++} og K^+), desto højere er pH, og altså desto lavere er H^+-koncentrationen. Omvendt vil det sige, at jo lavere pH er og dermed jo større H^+-koncentrationen er, desto

færre er der af de øvrige kationer i ionbytningskomplekset. *Tovborg Jensens* regressionslinier har ikke helt samme hældning og niveau for forskellige jordtyper. Den pH-værdi, som svarer til basemætningsgrad 0, er for eksempel noget højere for lerjord end for humusjord. For mineraljorder ligger denne pH-værdi omkring 4, når pH måles i vandig opslemning. 100 % basemætning finder man ved pH·H_2O på godt 8.

Figur 3 viser sammenhængen mellem pH·H_2O og lerindhold i 10 cm's dybde. Man bemærker, at ingen af pH-værdierne er lavere end 4, og at den indtegnede kurve ved lave lerindhold bliver næsten parallel med abcisseaksen. Ved lave lerindhold er jordens kationbyttere altså næsten udelukkende besat med H^+-ioner. Hovedparten af de øvrige ioner er udbyttet og udvasket.

Det er klart, at dette forhold i det lange løb må influere på træernes mulighed for at dække deres behov for visse næringsioner. Om det har nogen indflydelse på de øjeblikkelige vækstbetingelser, er det dog ikke muligt at afgøre. Dels har træerne rodkontakt med dybere, næringsrige horisonter, dels ved vi ikke, på hvilket næringsniveau en næringsmangel med tilvækstnedgang indtræder.

Det kan dog fastslås, at indholdet af vigtige kationer som Ca^{++}, K^+ og Mg^{++} er større i de parceller, hvor lerindholdet er højt i 10 cm's dybde end i de parceller, hvor lerindholdet er lavt i 10 cm's dybde. Endvidere er der en vis sandsynlighed for, at indholdet gennemsnitlig er større på prøveflade QX end på prøveflade QY.

Det er vist, at der er en vis sammenhæng mellem pH i 10 cm's dybde og pH i større dybde, mens der i 50 cm's dybde og i 100 cm's dybde ikke kan ses nogen sammenhæng mellem pH og lerindholdet i de respektive dybder. Selvom det er vanskeligt at sige, hvorledes årsagssammenhængen i de påviste korrelationer skal tydes, må man dog sige, at de er, som man måtte vente. Udvaskningsprocesserne startes fra jordoverfladen. Her dannes og frigøres de stoffer, som indgår i udvaskningsprocesserne, hvad enten der er tale om komplicerede, organiske forbindelser eller simpelthen H^+-ioner. Vandet, som er transportmidlet, kommer også fra oven. Populært forestiller man sig, at for eksempel vand med højt indhold af H^+-ioner passerer ned gennem profilen. Undervejs udbyttes H^+-ionerne med andre kationer, og når vandet forlader profilen, har det et højt indhold

af disse andre kationer og et relativt lavt indhold af H^+-ioner. Undertiden afgiver vandet store mængder af de øvrige ioner et sted i profilen, så der opstår en udfældningshorisont.

Den populære forestilling forudsætter altså, at vandet siver gennem hele profilen. Det behøver imidlertid ikke at være tilfældet. I en vandmættet eller meget fugtig jord foregår der andre processer, for eksempel iondiffusion. Den samme proces kender man fra dagliglivet, også uden omrøring bliver kaffen sød, når man sætter sukker til. Sukkermolekylerne diffunderer rundt i hele væskevolumenet. Omrøringen tjener kun det formål at fremme processen.

På samme måde sker der diffusioner i jorden. Under Bregentved-forhold er jorden svært gennemtrængelig, kun små mængder vand passerer de dybe jordlag. Hovedparten af afstrømningen sker gennem de øverste, porøse jordlag og via grøftesystemerne til havet (jfr. *Holstener-Jørgensen* 1961). Fra og til de jordlag, som ligger under afstrømningsgrænsen (= højeste, stabile grundvandstand) sker der imidlertid iondiffusioner, sådan at disse jordlag også „udvaskes". Jo højere H^+-koncentrationerne er i vandet over højeste, stabile grundvandstand, desto større er diffusionsgradienterne og dermed diffusionshastighederne. Med andre ord, hvor ovret er stærkt udvasket, er udvaskningen også stor i de dybere lag, også selvom disse ligger under højeste, stabile grundvandstand. „Kalkgrænsen" vil i de fleste tilfælde ligge dybere end højeste, stabile vandstand.

Dernæst lidt om de to undersøgte arealers egnethed som forsøgsarealer. Det ideelle er efter de herskende synspunkter, at markforsøg anlægges på sådanne lokaliteter, at forsøgsbetingelserne nærmer sig dem, som man kan skabe i laboratoriet. For eksempel kræver man, at jordbundsforholdene skal være ensartede. Dette krav fører imidlertid let til, at forsøg kun anlægges på arealer, som egentlig ikke er typiske for et landskab, og det er problematisk, om de fundne resultater kan bruges udenfor selve forsøgsarealet uden betydelige modifikationer. En sådan generaliseringsmulighed er målet for markforsøget, mens laboratorieforsøget, hvor de gunstige forsøgsbetingelser er kunstigt skabt, i reglen fører til et ønske om at afprøve resultaterne ved markforsøg. For skovbruget gælder det specielt, at markforsøg er vanskelige, fordi de fleste forsøg bør omfatte væsentlige afsnit af en omdrift, og det betyder, at parceller og forsøgs-

arealer må være temmelig store. Hertil kommer, at de fleste hypoteser må afprøves direkte ved markforsøg. Laboratorieforsøg lader sig vanskeligt gennemføre, fordi det kræver anlæg af sådanne dimensioner, at de teknisk bliver vanskelige at realisere, for ikke at tale om, at de bliver meget dyre.

I nyere tid forsøger man at forbedre såvel forsøgsanlæg som de statistiske metoder, der benyttes ved den senere bearbejdning af forsøgsresultaterne (se f. eks. *Thomasius* 1963). Der er ingen tvivl om, at det bliver nødvendigt at ofre væsentligt mere på dette arbejde, end man hidtil har gjort.

Jordbundsanalyserne viser klart, hvor vanskeligt det er at finde velegnede forsøgsarealer. Uden jordbundsundersøgelse ville man, som allerede nævnt, anse de to undersøgte arealer for ensartede. Jordbundsanalyserne afslører en variation af meget betydelig størrelse. Dette er imidlertid ikke ensbetydende med, at forsøgsarealet er uegnet. Der kan være tale om, at variationen indenfor parcellerne er af samme størrelse som den, der er fundet mellem parcellerne. Dette kan kun afsløres ved en meget detailleret jordbundsundersøgelse i hver parcel. I denne forbindelse skal der peges på, at den teksturvariation, som er fundet på de to arealer, er af samme karakter som den, der er fundet ved en undersøgelse indenfor hele Bregentved-området (*Holstener-Jørgensen* 1961). Heraf tør man vel i hvert fald udlede, at forsøgsarealerne i denne henseende er typiske for hele Bregentved-området.

Forsøgsarealets „uegnethed" kan så iøvrigt være imødegået ved, at parcellerne (behandlingerne) er fordelt rigtigt til de forekommende jordbundsenheder, sådan at for eksempel svagt huggede parceller spænder over de samme jordbundsvariationer som stærkt huggede parceller.

Alle disse problemer falder imidlertid, som tidligere nævnt, udenfor denne beretnings rammer. De vil blive nærmere belyst af *Bryndum* i forbindelse med publikation af træmålingsresultater fra forsøgene (*Bryndum* 1965).

Endelig og afsluttende et par bemærkninger om mulighederne for en lokalitetskortlægning eller som det hedder i tysksproget litteratur *Standortskartierung*. *Standortskartierung* er en kortlægning af skovområder baseret på jordbunds- og klimaforhold. Man betjener sig af geologisk, pedologisk, klimatologisk og floristisk viden for at nævne nogle af de kundskabsom-

råder, der er impliceret. De forskellige data grupperes sådan, at man kan opstille enheder, indenfor hvilke vækstvilkårene er ensartede, det vil sige, at en træart har et ganske bestemt tilvækstforløb, eller at en træart reagerer på en ganske bestemt måde på gødningstilførsel, dræning og andre driftsindgreb. Har man ikke den fornødne viden til at udnytte *Standorts*-enhederne ved dispositioner som træartsvalg, gødskning, dræning o. s. v., kan de danne basis for forsøgsanlæg som træartsforsøg, gødningsforsøg og dræningsforsøg. Det hele forudsætter, at enhederne er tilstrækkeligt veldefinerede og har en passende stor udbredelse.

Dette mener man er tilfældet mange steder i udlandet. Det er vel også troligt, når man betænker, at store områder er dækket af forvitringsjorder af ensartet geologisk oprindelse eller af løss. Der findes da også en righoldig litteratur om emnet. For eksempel har man startet tidsskrifter, som næsten udelukkende beskæftiger sig med dette emne (se *Jänichen* m. fl. 1951 og *Sebald* 1961).

Herhjemme er emnet ikke ukendt. Hos *Grøn* (1945) findes der således (side 174—195) et fuldstændigt skema for praktisk *Standortskartierung,* og det er på sin plads at fremhæve, at de foreslåede arbejdsmetoder ikke principielt adskiller sig fra udlandets. Nævnes må det også, at der er lavet mange jordbundskort ved driftsplanrevisioner her i landet, uden at det dog har sat sig særlig markante spor.

Hvad er nu grunden til, at man i udlandet har opbygget store institutter og ansat mange embedsmænd, som udelukkende beskæftiger sig med *Standortskartierung,* mens vi her i landet er temmelig tilbageholdende? Generelt kan man næppe forsvare at tro endsige udtale, at der blot er tale om *„Kejserens nye klæder"*, og derfor må man måske godtage, at der er noget om snakken, d. v. s. at det er en nyttig og vigtig indsats der gøres. Bregentved-undersøgelsen illustrerer imidlertid, at danske jordbundsforhold ofte er uegnede til en sådan indsats. Indenfor endda meget små områder varierer teksturen så meget, at man næppe kan kortlægge på basis af teksturenheder og ende med kortenheder af en sådan udstrækning, at de kan udnyttes som driftsenheder. Derfor mener forfatteren, at det vil være spild af kostbar arbejdskraft at forsøge at lave Standortskartierung i danske moræneområder af Bregentvedtypen.

SUMMARY

In two experimental areas on fine-textured moraine clay, soil analyses were made in 18 soil pits, and the texture and pH of the soil samples were decided at the depth of 10, 50 and 100 cm. The two areas are of 4.95 ha (QX) and 4.12 ha (QY). The distance between them is just under 1200 m. They are covered with 41-year-old oaks, which have been made the subject of a thinning experiment (see *Bryndum* 1965). The variations in texture and pH appear from Table 2.

In the experimental area QY, for instance, the clay-content varies between 9.7 % and 20.2 % at the depth of 10 cm, between 4.4 % and 26.0 % at the depth of 50 cm, and between 14.9 % and 32.8 % at the depth of 100 cm. These data illustrate how the character of the texture changes within short distances on Danish moraine. The variations are both horizontal and vertical, which appears clearly from Table 2.

The results of the pH-measurements are also brought together in Table 2. As will be seen, this quantity is subject to considerable horizontal variation, too. Vertically the leaching processes are clearly reflected in the data from the measurements.

Figs. 3 and 4 show that at the depth of 10 cm there is a clear correlation between clay-content and pH. The higher the clay-content, the higher the pH. Consequently, the progress of the podsolation is inversely proportional to the degree of the clay-content.

This means that also within short distances a connexion may be demonstrated between clay-content and podsolation, even though the substratum is rich calcareous moraine.

When the conditions differ as much as they do between the two small areas examined, it is of course difficult to carry through a site-mapping, based, for instance, on texture units. The map units would be too small to be of any practical silvicultural importance.

LITTERATUR

Aslyng, H. C., 1952: Characterization of soils. Årsskr. Vet.-Landbohøjsk., s. 20—56.

Bryndum, H., 1965: Et udhugningsforsøg i ung eg. Forstl. Forsøgsv. Danm. bd. 29, s. 173—243.

Dorph-Petersen, K., 1950: Variationen i en sandjords reaktionstal, fosforsyretal, kaliumtal og mangantal. 1945—49. Tidsskr. Planteavl, bd. 53, s. 650—677.

Graf, U. og Henning, H. J., 1958: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Berlin, s. 1—104.

Grøn, A. H., 1945: Skovbrugets Driftsøkonomi, 3. Afsnit: Skovbrugets Driftsregistrering og -budgettering. København, s. 1—343.

Holstener-Jørgensen, H., 1961: Undersøgelse af træarts- og aldersindflydelsen på grundvandstanden i skovtræbevoksninger på Bregentved. Forstl. Forsøgsv. Danm. bd. 27, s. 233—480.

Holstener-Jørgensen, H., 1964: Et kvalitativt gødningsforsøg i en bøgekultur på gammel græsslette i Jægersborg Dyrehave. Forstl. Forsøgsv. Danm. bd. 29, s. 25—53.

Jänichen, H., Müller, S., Schlenker, G., Sebald, O. u. a. 1951: Die Waldstandorte des nördlichen Härdtsfeldes (Nordostalb). Mitt. Vereins forstl. Standortskart., Nr. 1, s. 1—36.

Kristensen, R. K. og Steenbjerg, F., 1948: Tidsvariationen ved Fosforsyretal og Reaktionstal. Tidsskr. Planteavl, bd. 51, s. 114—135.

Piper, C. S., 1950: Soil and plant analysis. Adelaide, s. 1—368.

Shiue, C. J. og Chin, N. L., 1957: Direct use of pH-values in statistical analysis of soil reactions. Soil Sci., bd. 84, s. 219—224.

Sebald, O., 1961: Die Waldbodenvegetation der Buntsandstein-Standorte des Baar-Schwarzwalds und ihr ökologischer Zeigerwert. Mitt. Vereins forstl. Standortsk. u. Forstpflanzenzücht., nr. 11, s. 79—91.

Thomasius, H., 1963: Über die Anlage und Auswertung forstlicher Versuche auf Flächen mit unterschiedlicher Standortsgüte. Arch. f. Forstw., bd. 12, s. 542—567.

Tovborg Jensen, S., 1929: Om Kunstgødningers Indvirkning paa Jordens Reaktion. Tidsskr. Planteavl, bd. 35, s. 390—419.

Tovborg Jensen, S., 1932: Foreløbig Beretning om Forsøg med Jordbundsreaktioner. — Laboratorieundersøgelser i Forbindelse med Forsøgene. Jorders Grundforbedring. IV Række Nr. 3, Viborg, s. 32—49.

Tovborg Jensen, S., 1936: Kalkens Omsætninger i Jordbunden, teoretisk og eksperimentelt belyst. Tidsskr. Planteavl, bd. 41, s. 571—649.

Tovborg Jensen, S. og Kjær, B., 1948: Undersøgelser over Kornstørrelsesfordelingen i en Række danske Kalk- og Mergelforekomster. Årsskr. Vet.-Landbohøjsk., s. 148—165.

Arbejdsmetoder. III del. Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. Udgivet af Landbrugsministeriet, København 1963, s. 1—54.

HOVEDTABEL I: PROFILBESKRIVELSER

pcl. a: 0— 5 cm: gråsort muld
— 28 cm: gråbrun overjord
— 48 cm: humøs overgangshorisont, grundvandspræget
—100 cm: glei — en del konkretioner
En del „håndstore“ sten.

pcl. b: 0— 25 cm: sort, fed, muldet horisont
— 41 cm: humøs, grå, grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: glei
Grundvandstand den 25/6: ca. 100 cm.

pcl. c: 0— 7 cm: gråsort, noget degraderet muld
— 26 cm: humøs, gråsort overjord
— 43 cm: noget humøs, tætlejret overgangshorisont med en del „håndstore“ sten
—100 cm: rødlig horisont med rosa anstrøg. Grundvandspræget er næsten dækket af jordens egen farve.

pcl. d: Parcellen har såvel muld som mor.
0— 17 cm: gråbrun, muldet overjord
— 40 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: glei med en del konkretioner
Enkelte store sten.

pcl. f: 0— 18 cm: sortbrun, muldet overjord
— 28 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
— 55 cm: tætlejret glei, tendens til leral
—100 cm: mildere, fugtig glei
En del „håndstore“ sten.

pcl. g: Parcellen har såvel muld som mor.
0— 5 cm: sort, fed mor
— 20 cm: grå (podsolpræget) overjord
— 25 cm: svagt humøs, grundvandspræget overgangshorisont
— 78 cm: leret glei
—100 cm: finsandet glei.

pcl. h: 0— 5 cm: ret fast, grå muld
— 25 cm: grå, fast, humøs overjord
— 37 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: leret glei med konkretioner.

pcl. i: 0— 3 cm: gråbrun muld
— 22 cm: gråbrun overjord
— 40 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: glei, enkelte konkretioner
En del „håndstore“ sten.

pcl. k: 0— 8 cm: degraderet muld
— 27 cm: mørkebrun, humøs overjord
— 50 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: fast glei
Fra 27—75 cm er jorden leralagtig.

pcl. l: 0— 5 cm: sort, fed, noget degraderet muld
— 26 cm: sortbrun overjord
— 34 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: glei
En del „hovedstore“ sten.

pcl. m: 0— 4 cm: græsrodfilt-mor
— 10 cm: horisont med vekslende humusindhold
— 35 cm: gulbrun overjord
—100 cm: tætlejret (leraltendens), grundvandspræget, omend relativt svagt, underjord. Fra 80 cm rødrosa, jfr. pcl. c 43—100 cm
En del sten.

pcl. n: 0— 7 cm: sort, degraderet, muldet lag
— 29 cm: ret lys, grå, finsandet (-melsand) horisont (podsolpræg?)
— 37 cm: grundvandspræget overgangshorisont
— 80 cm: fast lejret (leralagtig) glei
—100 cm: fugtig glei, temmelig „blå“.

pcl. o: 0— 3 cm: noget degraderet muld
— 35 cm: grå, humusrig overjord, nedad svagt grundvandspræget
— 50 cm: glei, tilsyneladende løsere lejret end den efterfølgende horisont
— 80 cm: tætlejret, leralagtig horisont med konkretioner
—100 cm: leret glei (tekstur forskellig fra øvre lag)
En del sten.

pcl. p: 0— 5 cm: fed, sort muld
— 25 cm: fed, sort overjord
— 41 cm: noget humøs gleihorisont
—100 cm: glei

pcl. q: 0— 6 cm: fed, sort muld
— 25 cm: fed, sort overjord
— 38 cm: noget humøs, grundvandspræget overgangshorisont
— 80 cm: glei, tendens i retning af leral
—100 cm: leret glei (teksturforskel)
En del sten.

pcl. r: 0— 6 cm: brun, noget filtet muld, noget degraderet
— 20 cm: humøs, brun, degraderet overjord
— 47 cm: brun overjord, grundvandspræg ikke tydeligt
—100 cm: leral, som ikke er særlig grundvandspræget
Jorden er noget stenet.

pcl. s: 0— 7 cm: muldet, rodfiltet lag
— 26 cm: brun overjord
— 48 cm: glei, leralagtig
—100 cm: leret glei
En del sten.

pcl. t: 0— 7 cm: fed, sort muld
— 21 cm: fed, sort overjord
— 35 cm: noget humøs, klart grundvandspræget overgangshorisont
—100 cm: glei med enkelte konkretioner. I dybden mere sandet.