

## Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper

### I. Jordfysisk og -kemisk beskrivelse af forsøgsarealer

*Water balance and nitrogen leaching for 4 soil types*

*I. Physical and chemical description of soil at experimental sites*

**Sv. E. Simmelsgaard**

#### Resumé

Resultaterne af jordfysiske og -kemiske undersøgelser af 4 arealer i det sydlige Jylland, hvor der er udført målinger af vandbalance og kvælstofudvaskning, præsenteres.

De 4 arealers klassificering i henhold til den danske jordklassificering er: grovsandet jord (JB1), fin lerblandet sandjord (JB4), lerjord (JB7) og svær lerjord (JB8).

Jordfysiske undersøgelser ned til 1,8 m dybde omfatter tekstur, volumenvægt, retention, porøsitet og mættet hydraulisk ledningsevne. Resultatet af rodundersøgelser præsenteres. Rodzonekapaciteten er for de 4 jorde i ovennævnte rækkefølge opgjort til hhv. 60, 110, 160 og 200 mm. Markkapaciteten ned til 1 m dybde er hhv. 130, 250, 315 og 410 mm.

De kemiske undersøgelser omfatter pH og Rt samt Ft, Nat, Kt, Mgt og Cat. Kationbytningskapacitet er målt i 2 af jordene. Der er målt kulstof- og total kvælstofindhold i jorden, og C/N-forholdet er beregnet. Det totale kvælstofindhold ned til 1 m dybde var for jordene ved Jyndeved, Agervig og Sdr. Stenderup hhv. 7,3, 7,6 og 10,8 t pr. ha.

**Nøgleord:** Tekstur, retention, porøsitet, hydraulisk ledningsevne, rodlængde, kemiske jordanalyser, C/N-forhold.

#### Summary

The physical and chemical investigations on 4 soils in the south of Jutland, on which measurements of water balance and nitrogen leaching have been carried out, are presented.

The 4 soil types are, with the Danish soil classification number in brackets: 1. coarse sand (JB1), 2. fine loamy sand (JB4), 3. loam (JB7) and 4. clay loam (JB8).

Physical investigations, to a depth of 1.8 m, include texture, bulk density, water retention, porosity and hydraulic conductivity. Some measurements of root length are shown. The available water capacity in the root zone in the 4 soils is, in the same order as above, respectively 60, 110, 160 and 200 mm. Field capacity to a depth of 1 m is, in the same order, respectively 130, 250, 315 and 410 mm.

Chemical investigations include pH, exchangeable P, K, Na, Mg and Ca. Cation exchange capacity is measured in soils 2 and 3. The content of organic carbon and nitrogen in the soils is measured and the C/N-ratio is calculated. The content of organic N to a depth of 1 m is for the soils 1 to 3, respectively 7.3, 7.6, 10.8 metric ton per ha.

**Key words:** Texture, water retention, porosity, hydraulic conductivity, root length, soil chemical analysis, C/N-ratio.

### Indledning

Denne beretning er den første af en serie på 3 beretninger, hvor undersøgelser af vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper i årene 1974–82 ajourføres og uddybes. Beretningen omfatter en jordfysisk og -kemisk beskrivelse af forsøgsarealerne. I de følgende 2 beretninger vil resultatet af målinger af vandbalance og kvælstofbalance blive præsenteret.

Målingerne blev påbegyndt i 1974 på et sandjordsareal ved Jydevad og et lerjordsareal ved Åbenrå (6). I 1978 blev projektet udvidet til også at omfatte arealer ved Agervig og Sdr. Stenderup, hvor Askov forsøgsstation havde påbegyndt undersøgelser af kvælstofgødsningens indflydelse på drænvandets indhold af plantenæringsstoffer (9, 10). Formålet med de udvidede undersøgelser var at belyse, hvor meget af kvælstofud-

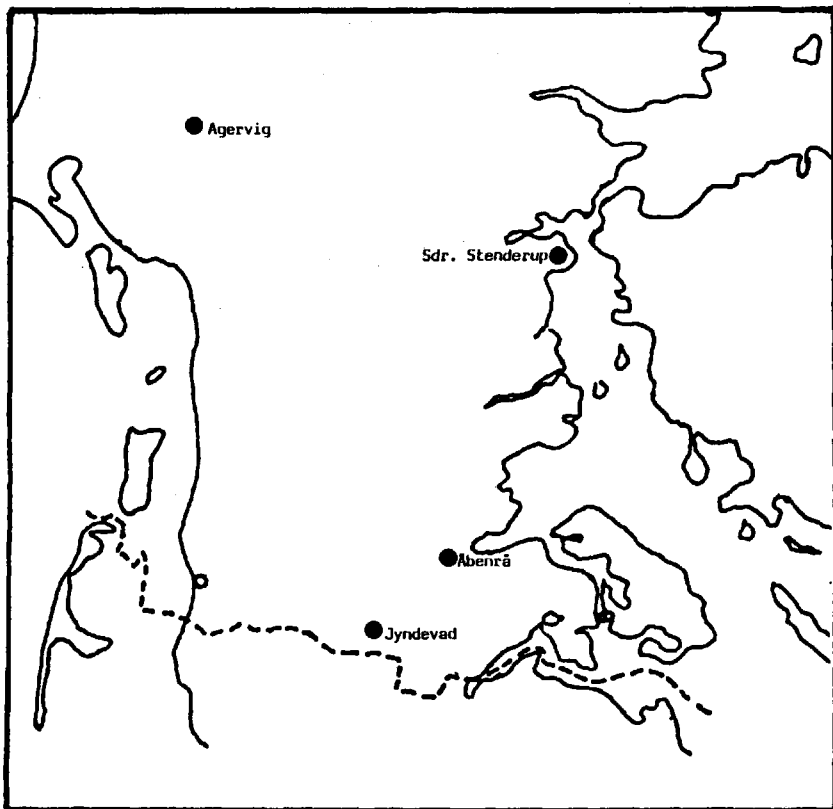


Fig. 1. Det sydlige Jylland med forsøgsarealernes beliggenhed.  
*The South of Jutland with the experimental sites.*

vaskningen der kom gennem drænene, og hvor meget den sivede til undergrunden.

Forsøgsarealerne ved Jydevad og Åbenrå er beskrevet af Bennetzen (6) ned til henholdsvis 10 og 30 m dybde – især med henblik på at vurdere muligheden for geokemisk nitratreduktion i de dybere jordlag. Den følgende beskrivelse koncentrerer sig om de øverste 1,8 m af profilen.

### Metodik

#### Forsøgsarealerne

Forsøgsarealernes geografiske beliggenhed i det sydlige Jylland er vist i fig. 1. I fig. 2 er vist skitser af forsøgsarealerne med drænplaner og forsøgsplaner.

Arealet ved Jydevad (Jydevad forsøgsstation) er beliggende på Tinglev hedeslette og be-

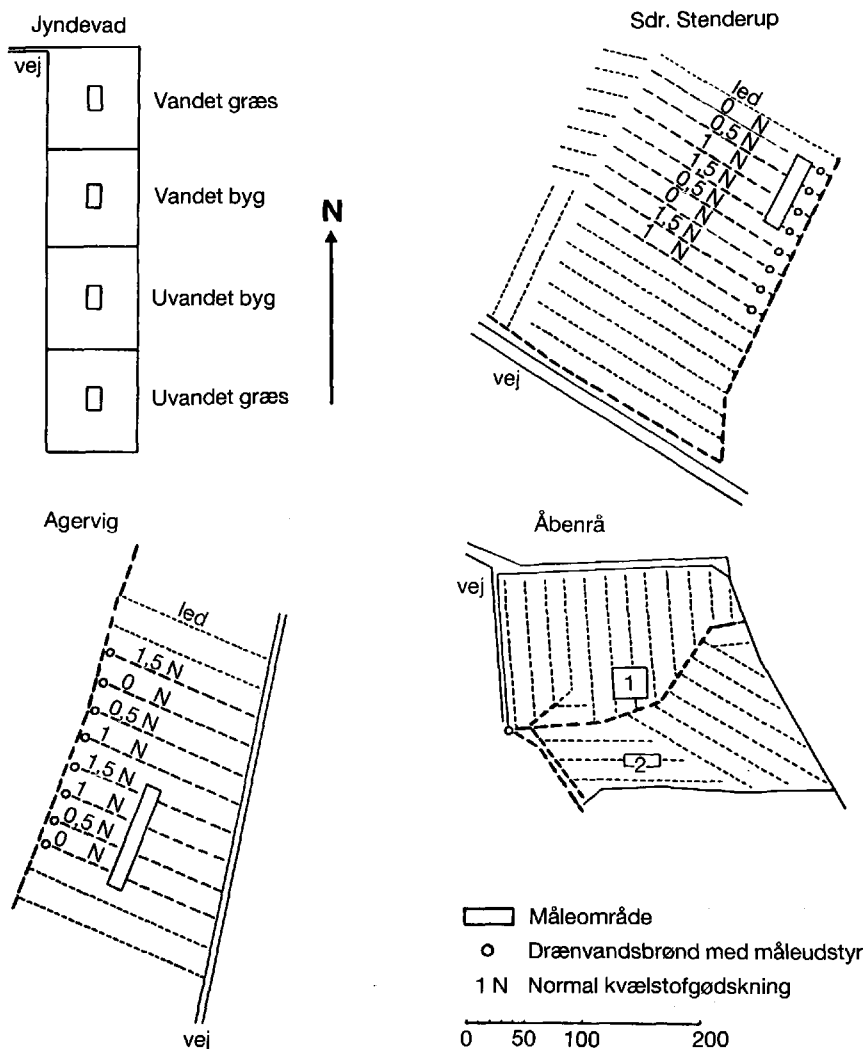


Fig. 2. Forsøgsarealerne med drænplaner og forsøgsled.  
The experimental sites with drainage plans and treatments.

står geologisk af smeltevandssand. Jorden er naturlig veldrænet, men med et højtliggende grundvandspejl i 2–3 m dybde. Arealet er fladt.

Agervigarealet ligger ligeledes vest for israndslinien fra sidste istid, men er beliggende på en bakkeø, hvis geologiske oprindelse strækker sig tilbage til forrige istid. Jorden er sandet ved overfladen, men med lerindhold, der stiger med dybden. Jorden er systematisk drænet med en drænaftand på 25 m og en drændybde på ca. 1,5 m. Arealet skråner svagt mod nord.

Arealerne ved Sdr. Stenderup og Åbenrå er begge beliggende øst for israndslinien og består geologisk af moræner. Begge arealer er systematisk drænet med en drænaftand på 18 m og en drændybde på ca. 1 m. Sdr. Stenderuparealet skråner svagt mod syd-øst, og Åbenråarealet er svagt kuperet.

I fig. 2 er skitseret, hvor på arealerne der er indsamlet jordvandsprøver samt foretaget målinger af jordens vandindhold m.m. I de viste drænvandsbrønde er der anbragt udstyr til måling af drænvandsmængde og opsamling af drænvandsprøver. Måleprogram og -metoder vil blive nærmere omtalt i de 2 følgende beretninger. Det samme gælder de enkelte forsøgsled, hvis placering på arealerne ligeledes er vist i fig. 2. I den følgende beskrivelse af arealerne er der ikke gjort forsøg på at belyse eventuelle systematiske variationer inden for arealerne. Dog er der, som det fremgår af figuren, på Åbenråarealet 2 måleområder, hvilket skyldes, at der midt på arealet lokalt findes et område med issøler, der har et meget højt lerindhold. Som følge heraf blev der etableret et ekstra sæt måleudstyr ved 2.

#### Prøveudtagning

Alle prøver er udtaget i eller i nærheden af de skitserede måleområder – ved Åbenrå i nærheden af måleområde 2.

Ved Jyndeved og Åbenrå er prøver i naturlig lejring til fysiske undersøgelser udtaget i 1975 i borerer som beskrevet af *Bennetzen* (6). Ved Jyndeved er der udført en boring i hvert forsøgsled. På Åbenråarealet er prøverne til kemisk analyse udtaget i samme boring som prøverne til fysiske undersøgelser.

Ved Jyndeved er prøver til kemisk analyse udtaget i april 1978, i september 1978 og igen i oktober 1979. Disse prøver blev udtaget vha. jordbor, først til 10 cm dybde og derefter med 20 cm interval ned til 110 cm dybde. Der blev udtaget 1 fællesprøve for hvert forsøgsled, bestående af 15–25 enkeltboringer.

Ved Agervig og Sdr. Stenderup blev der udtaget prøver i oktober 1978 i 3 huller hvert sted. I hvert hul blev der udtaget 3 prøver á 100 cm<sup>3</sup> i naturlig lejring for hver 10 cm dybde ned til 180 cm. Disse 3 prøver fra hver dybde og hul blev efter bestemmelse af vandindhold og tør volumenvægt slået sammen til 1 fællesprøve, der blev anvendt til teksturanalyse og kemiske analyser. Derudover blev der udtaget prøver til retentionsanalyse og bestemmelse af mættet hydraulisk ledningsevne – ved Agervig i 6 dybder og ved Sdr. Stenderup i 4 dybder.

For hver dybde og hul blev der til disse analyser udtaget 9–10 prøver á 100 cm<sup>3</sup>.

#### Analysér

Jordfysiske analyser er udført på Højer forsøgsstations jordfysiske laboratorium.

Jordens volumenvægt ( $\rho_t$ ) er bestemt efter ovntørring ved 105°C. Massefylden af faste partikler ( $\rho_r$ ) er bestemt i pyknometer med alkohol. Porøsiteten, der udgør volumen af vand og luft i jorden, beregnes således

$$\text{porøsitet, } n = 100 \left( 1 - \frac{\rho_t}{\rho_r} \right), \%$$

Retentionsanalyser er udført som beskrevet af *Schjønning* (13), og mættet hydraulisk ledningsevne er målt efter en metode beskrevet af *Kuntze* og *Neuhaus* (11).

De kemiske analyser og teksturanalyser er gennemført ved Centralanalytisk Laboratorium, Vejle, og Statens Planteavlslaboratorium i Lyngby efter »Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser« (1). Teksturanalyser er gennemført som beskrevet i Den danske jordklassificering (3).

## Resultater og diskussion

### Tekstur, volumenvægt og massefylde af faste partikler

Fig. 3 viser teksturdiagrammer af de 4 jorde. Jyndevadarealet har et lavt lerindhold (2–3%) og et højt indhold af grovsand på 80–90%. Arealet ved Agervig har et humusindhold i pløjelaget på ca. 7% og et lerindhold, der stiger fra 3–6% i den øverste meter til 11–14% under 1 m dybde. Indholdet af finsand er højt (40–50%) i hele profilen. De 2 morænelerjorde ved Sdr. Stenderup og Åbenrå har en nogenlunde jævn fordeling mellem de forskellige partikelstørrelsesfraktioner. Som vist i figuren har arealet ved Sdr. Stenderup et indhold af  $\text{CaCO}_3$  på ca. 20% i undergrunden. På arealet ved Åbenrå findes der ligeledes  $\text{CaCO}_3$  i undergrunden, men dette er ikke fjernet ved teksturanalysen, hvorfor det indgår i de øvrige fraktioner.

I henhold til det danske jordklassificeringssystem (3) og Soil Taxonomy (2) kan de 4 jorde på dansk og engelsk betegnes således:

1. Jyndevad: Grovsandet jord (JB1), *coarse sand*
2. Agervig: Fin lerblandet sandjord (JB4), *fine loamy sand*
3. Sdr. Stenderup: Lerjord (JB7), *loam*
4. Åbenrå: Svær lerjord (JB8), *clay loam*

Ud fra den i fig. 3 viste profil ligger arealet ved Åbenrå på grænsen mellem lerjord og svær lerjord. Stikprøveundersøgelser rundt på arealet viste imidlertid et lerindhold på 30–40% i 50–100 cm dybde og et enkelt sted helt op til 70%. Det synes derfor rimeligt at karakterisere arealet som en svær lerjord.

I tabel 1 er vist en oversigt over volumenvægt i forskellige dybder. Tallene er gennemsnit af målinger for hver 10 cm dybde. Ved Jyndevad er volumenvægten nær ens ned gennem hele profilen. Jorden ved Agervig er meget tæt fra 60–120 cm dybde. Profilerne ved Sdr. Stenderup og Åbenrå viser stigende volumenvægt med stigende dybde. Dette er typisk for morænelerjorde.

Massefylden af faste partikler, der ofte kaldes reel massefylde, er for pløjelag og undergrund vist i tabel 2. Den lave massefylde i pløjelaget ved Agervig skyldes det høje humusindhold. Masse-

**Tabel 1.** Volumenvægt af jord,  $\text{g/cm}^3$ .  
*Soil bulk density,  $\text{g/cm}^3$ .*

Dybde, cm Depth, cm	Jyndevad	Agervig	Sdr. Stenderup	Åbenrå
0–20	1,50	1,32	1,52	1,50
20–40	1,53	1,46	1,62	1,63
40–60	1,50	1,72	1,58	1,65
60–90	1,52	1,87	1,59	1,65
90–120	1,51	1,85	1,67	1,65
120–150	1,53	1,80	1,73	1,70
150–180	1,53	1,76	1,74	1,68

**Tabel 2.** Massefylde af faste partikler,  $\text{g/cm}^3$ .  
*Density of soil particles,  $\text{g/cm}^3$ .*

	Pløjelag Ploughing layer	Undergrund Underground
Jyndevad	2,59	2,63–2,65
Agervig	2,51	2,64–2,65
Sdr. Stenderup	2,62	2,67–2,68
Åbenrå		2,77–2,79

fylden i undergrunden ved Åbenrå på gennemsnitlig 2,78 er usædvanlig høj.

### Retention, markkapacitet og porøsitet

Retention for de 4 jorde er vist i fig. 4. Retentionskurver viser sammenhængen mellem jordvands trykpotential (tension), her udtrykt ved pF, og jordens vandindhold under afdræning. pF defineres som  $pF = \log(-h)$ , hvor h er trykpotential i cm vandsøjle.

Kurverne fra profilerne ved Jyndevad, Sdr. Stenderup og Åbenrå er repræsentative for de anførte jordlag. Ved Agervig er der større variation ned gennem profilen, hvorfor der blev gennemført analyser i 6 dybder. De viste 3 kurver må betragtes som eksempler. Jorden ved Åbenrå viste tendens til kvældning. Denne var i størrelsesordenen 1–3%, hvilket det er forsøgt at korrigere for ud fra forholdet mellem jordvolumen før og efter kvældningen.

Markkapacitet defineres som jordens vandindhold efter vandmætning, når afdræning er nær ophørt, og grundvand ikke influerer. Ud fra vandindholdet ved prøveudtagningen og tensiometer-

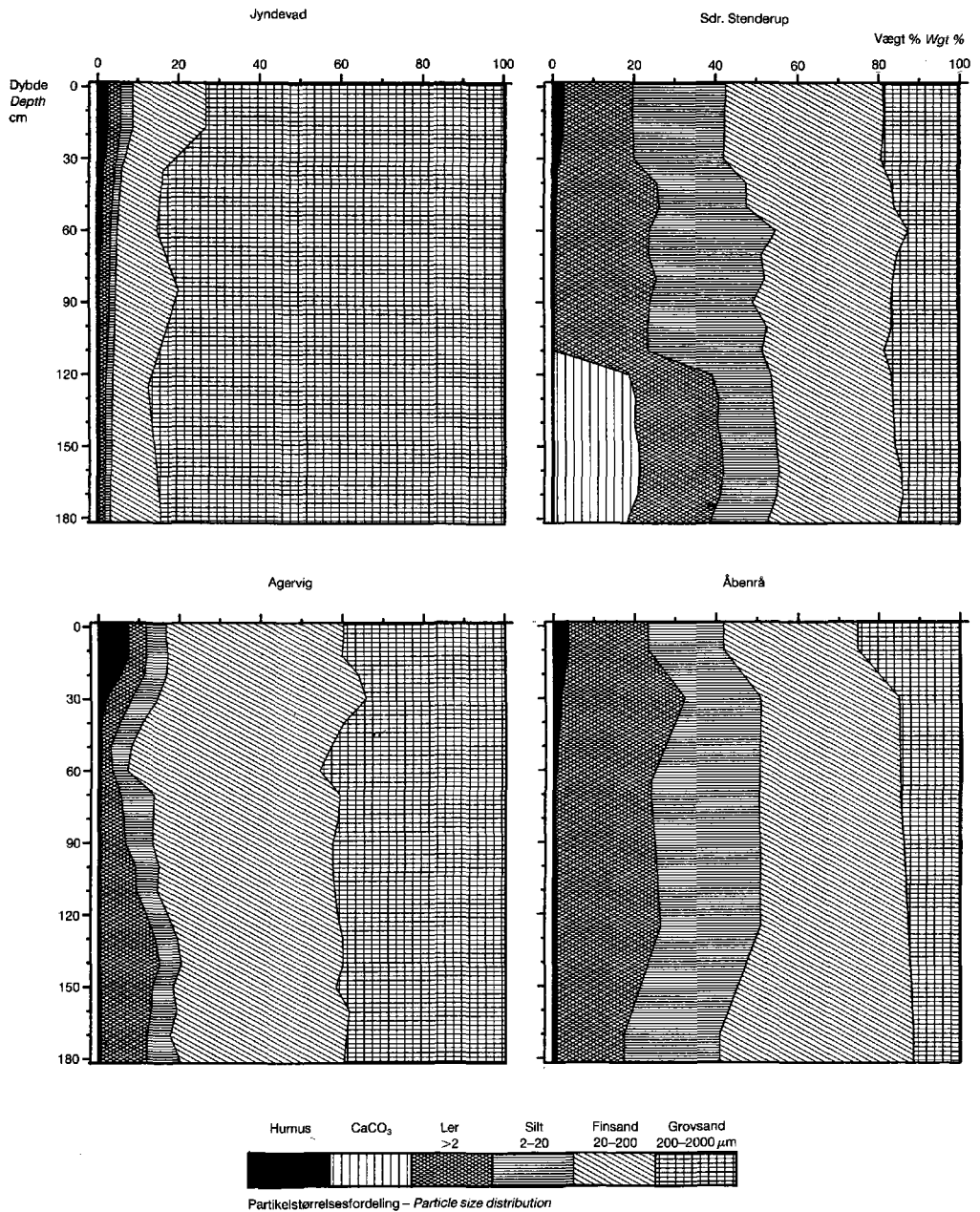


Fig. 3. Tekstur.  
Texture.

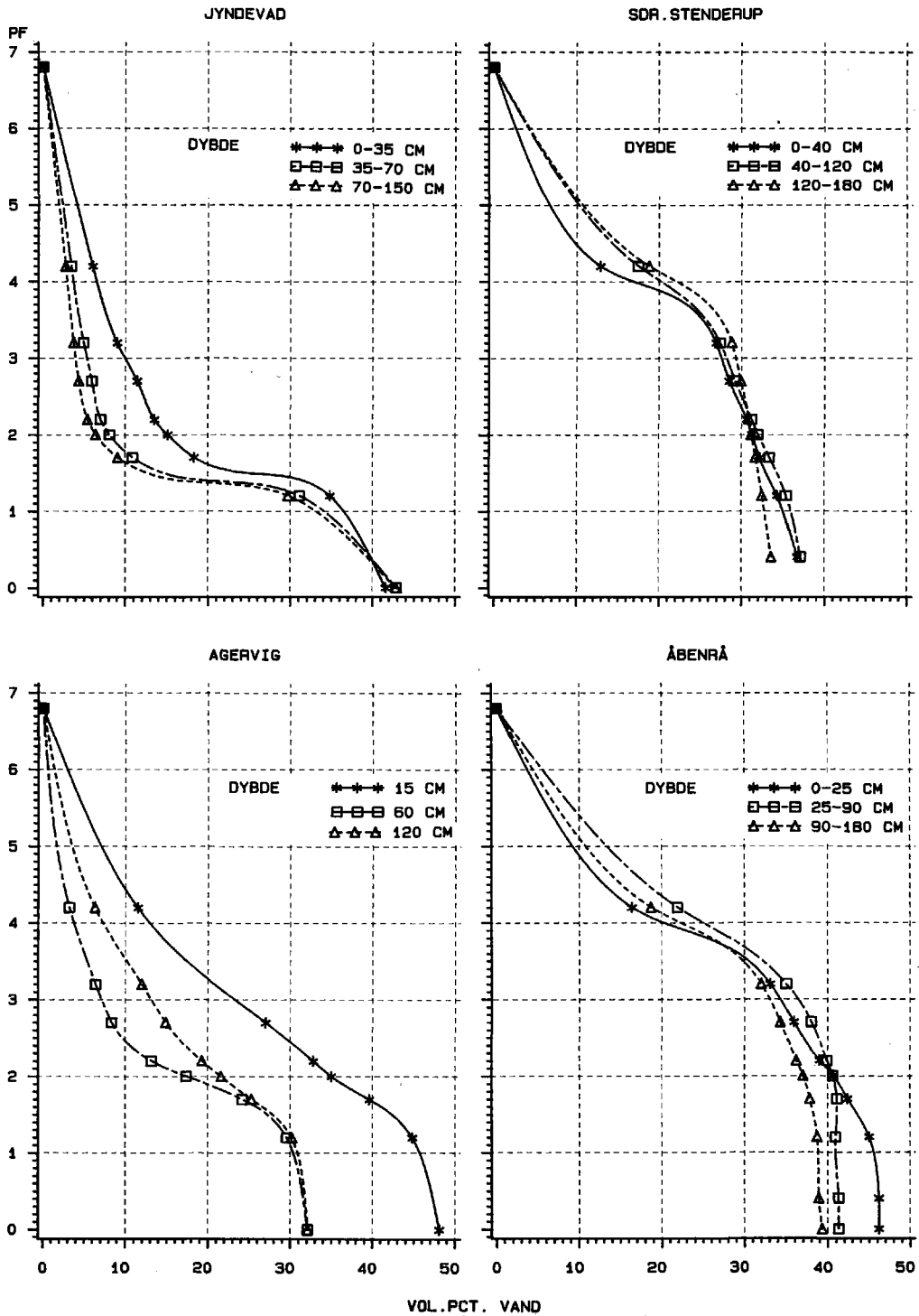


Fig. 4. Retentionskurver.  
Soil water retention curves.

målinger er markkapacitet, afhængig af dybden, fundet ved følgende pF-værdier: Jynde vad 1,7–1,9, Agervig 1,7–2,0 og Sdr. Stenderup 2,0–2,2, hvilket svarer til et numerisk trykpotential på hhv. 50–75, 50–100 og 100–150 cm vandsøjle.

Markkapacitet ud fra ovenstående definition er ofte i praksis en vanskeligt målelig størrelse. Dette gælder især på dræned jord. Som følge heraf betegnes vandindholdet ved pF 2,0 ofte som markkapacitet. I den følgende omtale anvendes nedenstående betegnelser for forskellige fraktioner af jordvandet:

Utilgængeligt vand:	pF 4,2
Tilgængeligt vand:	pF 2,0–4,2
Let tilgængeligt vand:	pF 2,0–3,0
Svært tilgængeligt vand:	pF 3,0–4,2
Markkapacitet: Jynde vad:	pF 1,7
Øvrige jorde:	pF 2,0

Af fig. 4 ses, at i jorden ved Jynde vad afdrænes en stor del af vandet mellem pF 1 og pF 1,7. Denne jordtype har således en dårlig kapacitet for tilgængeligt vand. I jorden ved Agervig sker afdræningen mere gradvis – især i pløjelaget. Da jorden samtidig har et relativt lavt indhold af utilgængeligt vand, betyder det, at jorden har en god kapacitet for tilgængeligt vand. I jordene ved Sdr. Stenderup og Åbenrå sker den største del af afdræningen efter pF 3. Dette betyder, at disse jorde har et stort totalt vandindhold, men samtidig også et stort indhold af utilgængeligt vand. Af det tilgængelige vand er en stor del svært tilgængeligt.

I fig. 5 er vist diagrammer over den volumetriske fordeling ved markkapacitet mellem faserne vand, luft og faste partikler i profilerne. Vandfasen er fordelt mellem utilgængeligt og tilgængeligt vand. Porøsiteten er volumen af vand og luft. Kurven mellem luft og faste partikler viser således profilernes porøsitet. Bemærk, at diagrammerne kun omfatter halvdelen af totalvolumen. De sidste 50% er faste partikler.

Jorden ved Jynde vad har et højt luftindhold og en porøsitet på 40–45%. Som nævnt foran er jorden ved Agervig meget tæt i ca. 70 cm dybde med en porøsitet på under 30%. Luftindholdet er dog højt i hele profilen. I jorden ved Sdr. Stenderup

bemærkes, at der findes en pløjesål i 30 cm dybde. I jorden ved Åbenrå er luftindholdet så lavt, at det kan virke begrænsende for rodvækst.

#### Effektiv rod dybde og rodzonekapacitet

I 1975 og 1976 blev der ved Jynde vad og Åbenrå bestemt rodmasse i forskellig dybde (6). Resultatet af disse undersøgelser viste, at 80–90% af rodmassen befandt sig i de øverste 30 cm, mens en mindre del var fordelt i de dybere jordlag. Ved Jynde vad blev fundet rødder i 70–90 cm dybde, og ved Åbenrå ned til 110–150 cm dybde.

I 1978 blev der i byg udtaget prøver til bestemmelse af rodlængden. Efter udvaskning blev længden af rødderne optalt på et gridnet som beskrevet af *Madsen* (12). Resultaterne er vist i tabel 3 som gennemsnit af 2 forsøgsled med 4 gentagelser ved Jynde vad og 4 forsøgsled med 2 gentagelser ved Agervig og Sdr. Stenderup. Ved Agervig er der fundet rødder ned til 90 cm dybde og ved Sdr. Stenderup ned til 150 cm dybde.

I tabel 4 er vist resultatet af tællinger under græs ved Agervig i 1980. Denne gang er tællingen foretaget under mikroskop efter en metode beskrevet af *Hignett* (8). Tallene er for hvert forsøgsled gennemsnittet af 3 gentagelser og 2 tællinger pr. gentagelse.

**Tabel 3.** Rodtæthed under vårbyg i 1978. Gns. af 2–4 forsøgsled, cm rod pr. cm<sup>3</sup> jord.

*Root density under spring barley in 1978. Average of 2–4 treatments, cm root per cm<sup>3</sup> soil.*

Dybde, cm Depth, cm	Jynde vad	Agervig	Sdr. Stenderup
0–10	11,9	12,6	3,7
10–20	7,5	9,9	1,9
20–30	3,5	3,7	1,3
30–40	1,2	1,8	1,3
40–50	0,3	0,3	1,4
50–60	0,2	0,1	1,3
60–70	0,1	0,04	1,3
70–80	0,03	0,02	1,1
80–90	0,01	0,01	0,9
90–100			1,0
100–120			1,0
120–140			0,6
140–160			0,16
Sum, cm/cm <sup>2</sup>	247	285	186



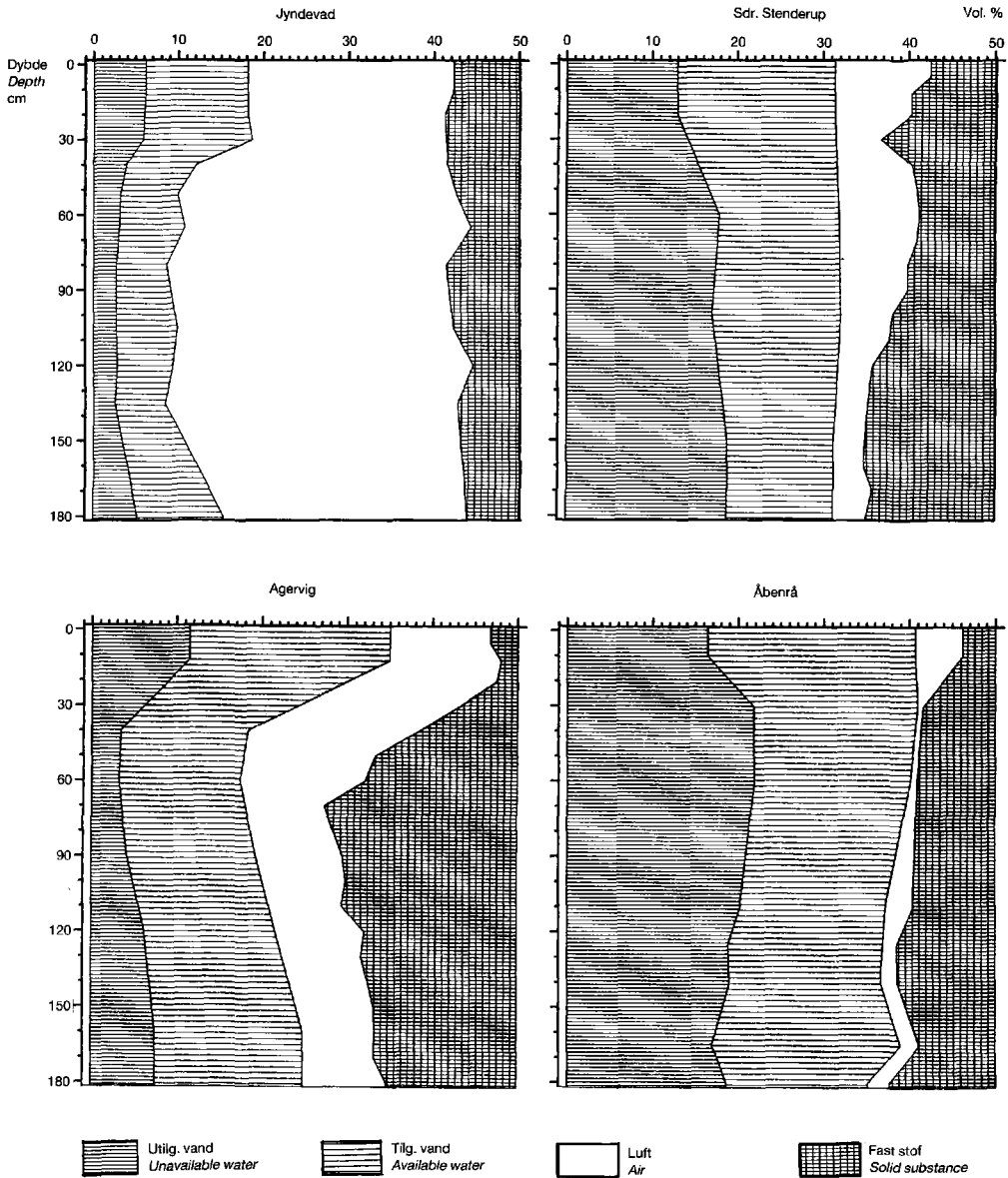


Fig. 5. Fordelingen af vand, luft og fast stof i profilerne. Vandfasen er fordelt mellem utilgængeligt vand ved pF 4,2 og tilgængeligt vand ved markkapacitet. Kurven mellem luft og jord angiver porøsiteten. Bemærk, at diagrammerne kun omfatter halvdelen af totalvolumen. De sidste 50% er fast stof.

*The distribution between water, air and solid substance in the profiles. The water phase is divided in unavailable water at pF 4.2 and available water at field capacity. The curve between air and soil particles shows the porosity. Notice that only half of the soil volume is included; the remaining 50% is solid substance.*

**Tabel 4.** Rodtæthed under græs ved forskellig kvælstofgødskning på fin lerblandet sandjord ved Agervig i 1980, cm rod pr. cm<sup>3</sup> jord.

*Root density under grass with different nitrogen fertilization on fine loamy sand at Agervig 1980, cm root per cm<sup>3</sup> soil.*

Dybde, cm Depth, cm	0 N	½ N	1 N*	1½ N	Gns.
10	10,31	13,17	13,47	15,60	13,14
20	7,37	8,90	9,42	15,79	10,37
30	2,67	5,62	5,52	7,95	5,44
40	1,19	1,17	2,01	2,51	1,72
50	0,61	1,15	0,54	0,42	0,68
60	0,34	0,43	0,60	0,33	0,43
70	0,23	0,21	0,28	0,20	0,23
Sum, cm/cm <sup>2</sup>	279	372	386	506	386

\* 1 N = normal kvælstofgødskning – normal nitrogen fertilization

Variationen er stor i de præsenterede rodundersøgelser. De absolutte størrelser må således tages med et vist forbehold. Rodlængden bestemt efter sidstnævnte metode kan være for høj, idet det ved denne metode kan være vanskeligt at skelne mellem friske og gamle rødder.

Effektiv roddebde er defineret ved den dybde, ved hvilken 80–90% af den tilgængelige vandmængde ved markkapacitet kan udnyttes (4). I henhold til *Madsen* (12) opnås dette ved en rod-tæthed på mindst 0,1 cm rod pr. cm<sup>3</sup> jord.

Ud fra de målte rodlængder kan den effektive roddebde for Jynde vad og Agervig med tilnærmelse sættes til 60 cm. Tilsvarende skulle den for Sdr. Stenderup være 150 cm. I en oversigtstabel angiver *Aslyng og Hansen* (5) imidlertid den maksimale effektive roddebde til 100 cm. Som følge heraf og af, at en stor del af den tilgængelige vandmængde ved Sdr. Stenderup og Åbenrå er svært tilgængelig, anslås den effektive roddebde til

Jynde vad	60 cm
Agervig	60 cm
Sdr. Stenderup	100 cm
Åbenrå	100 cm

I fig. 6 er vist summationskurver over jordens indhold af utilgængeligt og tilgængeligt vand, reg-

net fra jordoverfladen. I de viste kurver er der regnet med markkapacitet ved pF 1,7 for jorden ved Jynde vad, mens der for de øvrige jorde er regnet med markkapacitet ved pF 2,0.

Ved de ovenfor anførte effektive roddebder kan rodzonekapaciteten for tilgængeligt vand aflæses til:

Jynde vad (pF 1,7)	60 mm
Agervig (pF 2,0)	110 mm
Sdr. Stenderup (pF 2,0)	160 mm
Åbenrå (pF 2,0)	200 mm

I tørre somre vil der antageligt kunne udnyttes en endnu større vandmængde ved Sdr. Stenderup og Åbenrå, idet en del af vandet fra 100–150 cm dybde vil kunne udnyttes. Ved Agervig er det tætte jordlag i 70–90 cm dybde en hindring for en bedre vandudnyttelse. Ved Jynde vad sætter det lave vandindhold i alle dybder en absolut grænse for rodzonekapaciteten.

Af figuren kan det ligeledes aflæses, hvor stor en overskudsnedbør der skal til for at forskyde hele vandindholdet over en given dybde. For at udskifte vandindholdet i den øverste meter kræves der således følgende nedbørsmængder:

Jynde vad	130 mm
Agervig	225 mm
Sdr. Stenderup	315 mm
Åbenrå	410 mm

#### Mættet hydraulisk ledningsevne

Fig. 7 viser mættet hydraulisk ledningsevne i cm pr. døgn i forskellig dybde i de 4 jorde. Målingerne er udført på prøver á 100 cm<sup>3</sup>. For jordene ved Jynde vad, Agervig og Sdr. Stenderup er punkterne gennemsnit af målinger på 10–15 prøver fordelt på arealerne, som beskrevet under prøveudtagning. Ved Åbenrå er punkterne gennemsnit af målinger på 1–3 prøver i en enkelt profil. Variationen mellem enkeltprøver var meget stor. Bemærk, at skalaen på x-aksen er logaritmisk. Der er således en faktor på 1000 til forskel mellem hydraulisk ledningsevne i jorden ved Åbenrå og jorden ved Jynde vad.

I jorden ved Jynde vad stiger hydraulisk ledningsevne i gennemsnit fra pløjelaget og ned til ca. 100 cm dybde, hvorefter den aftager lidt.

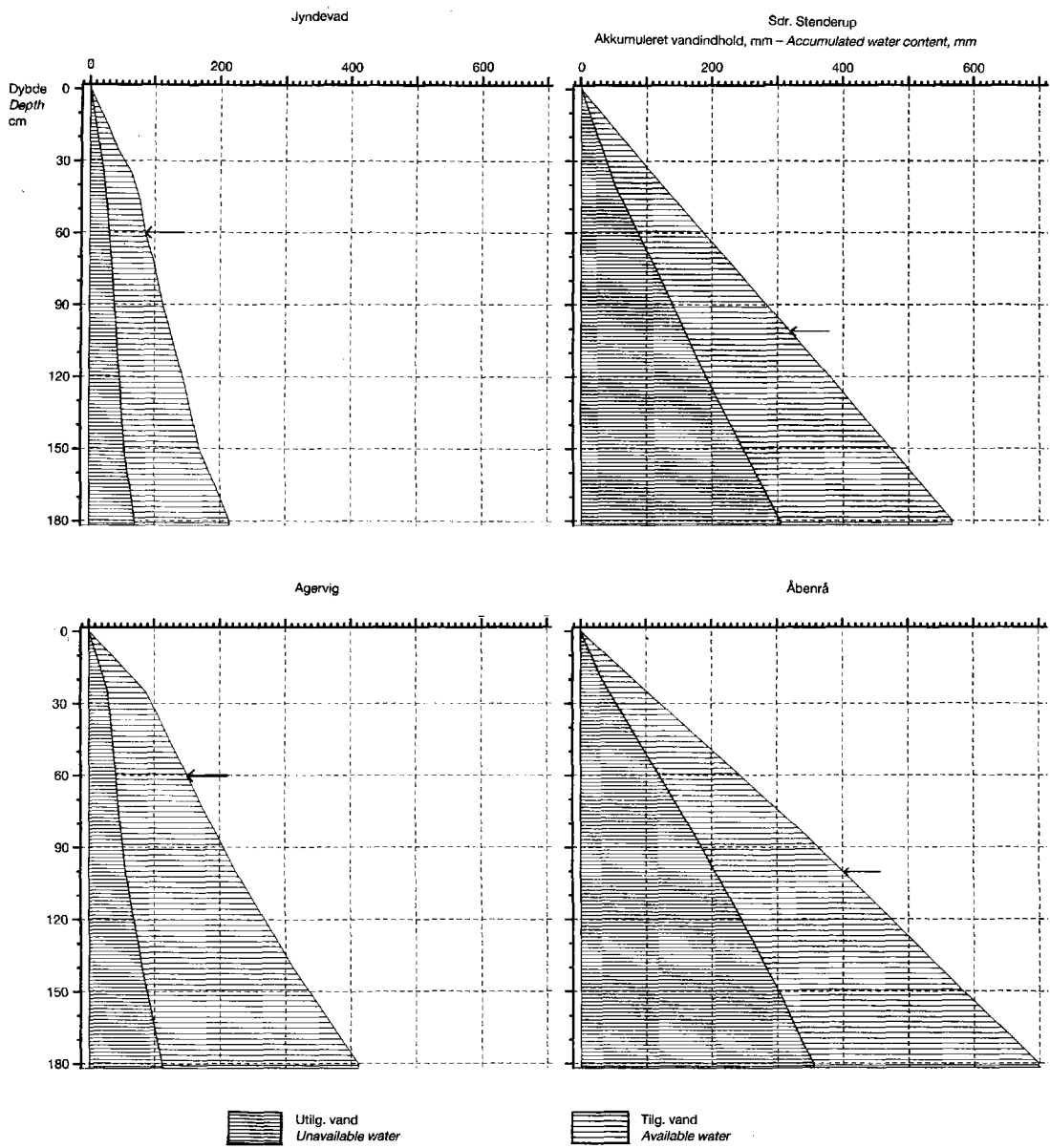


Fig. 6. Profilernes vandindhold ved pF 4,2 og ved markkapacitet, summeret fra jordoverfladen. Pilene viser effektiv roddybde.

The water content in the profiles at pF 4.2 and at field capacity, accumulated from the soil surface. The arrows show effective root depth.

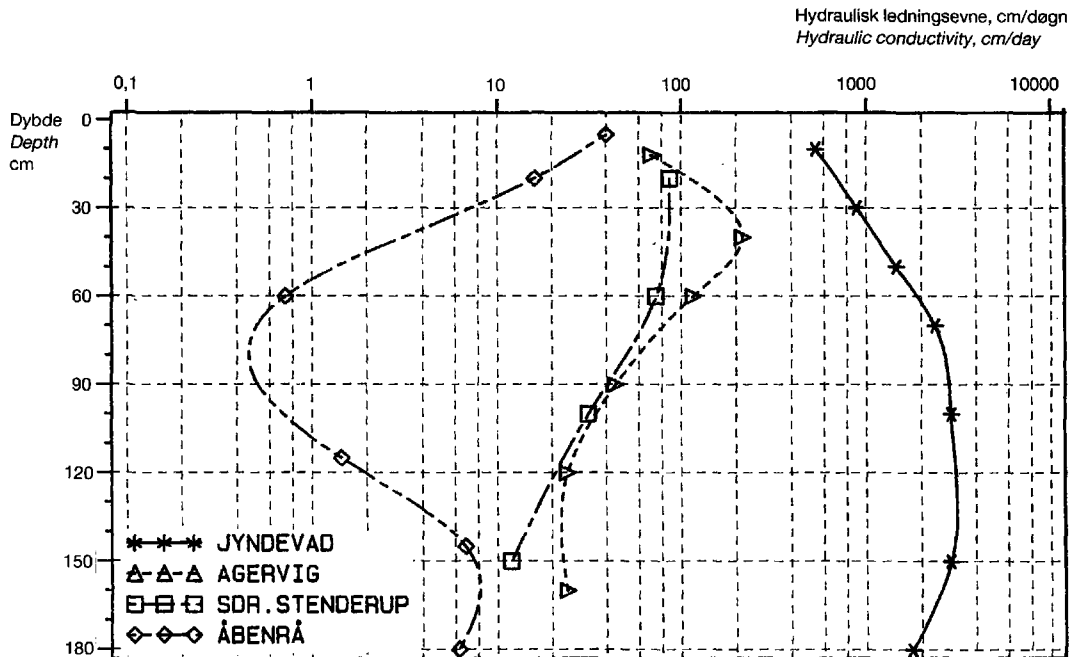


Fig. 7. Mættet hydraulisk ledningsevne som funktion af dybden.  
Saturated hydraulic conductivity as a function of depth.

Ved Agervig er den højest i 40 cm dybde og aftager derefter med dybden. Ved Sdr. Stenderup aftager den ned gennem hele profilen.

Ved Åbenrå er ledningsevnen tilsyneladende meget lav, under 1 cm pr. døgn, fra 50–120 cm dybde. Vandbevægelse må her antages fortrinsvis at foregå gennem revner, regnorme- og rodgange.

Afstrømningen til undergrunden er især bestemt af hydraulisk ledningsevne i jorden under drændybde. I ca. 150 cm dybde er der i de 4 jorde som gennemsnit målt følgende hydraulisk ledningsevne:

Jynde vad	2900 cm pr. døgn
Agervig	24 cm pr. døgn
Sdr. Stenderup	12 cm pr. døgn
Åbenrå	6 cm pr. døgn

Rækkefølgen mellem jordene er i overensstemmelse med målinger af afstrømning til undergrund (14).

#### Jordkemiske analyser

Resultatet af udførte jordkemiske undersøgelser på arealerne er vist i tabellerne 5, 6, 7 og 8. Analyserne er udført i henhold til »Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser« (1). For hvert stof er beregnet LSD mellem jordlag. Desuden er der angivet en variationskoefficient (CV), der er fremkommet ved at dividere restvariationen, efter at dybdevariationen er fratrukket, med gennemsnittet. Den fundne variation omfatter den horisontale variation i marken og analyseusikkerheden. Antages, at analyseusikkerheden er lille i forhold til variationen i marken, bliver tallet således et udtryk for den horisontale variation eller den variation, der kan forventes mellem prøver udtaget i samme dybde forskellige steder i marken.

Ud fra variationskoefficienterne ses, at arealet ved Sdr. Stenderup er det mest ensartede, og arealet ved Agervig det mest uensartede. Ved

**Table 5.** Jordkemiske analyser på grovsandet jord ved Jyndeved. Jordprøver er udtaget i 1978 og 1979. LSD er mindste sikre differens mellem dybder. CV er variationskoefficienten, efter at dybdevariationen er fratrukket. *Soil chemical analysis on samples taken in 1978 and 1979 at Jyndeved, coarse sandy soil. LSD is the least significant difference between depths. CV is the coefficient of variation exclusive depth variation.*

Dybde, cm Depth, cm	pH(H <sub>2</sub> O)	Rt	Ft*	Nat**	Kt**	Mgt**	Cat**	Kationer*** excl. H <sup>+</sup>	Org. C %	Total-N %	C/N
5	6,5	6,4	8,3	0,8	5,3	2,1	78	4,3	1,36	0,086	15,8
20	6,3	6,2	6,4	0,7	4,2	2,2	71	3,9	1,33	0,084	15,8
40	6,2	5,9	3,5	0,6	2,7	1,1	39	2,2	0,83	0,060	13,8
60	6,1	5,7	2,9	0,5	2,0	0,7	17	1,0	0,47	0,030	15,7
80	5,9	5,6	2,6	0,5	1,6	0,6	11	0,7	0,35	0,020	17,5
100	5,8	5,5	2,2	0,5	1,8	0,6	10	0,6	0,27	0,015	18,0
LSD	0,2	0,2	0,9	0,1	0,4	0,3	6	-	0,16	0,022	-
CV %	4	4	25	21	47	31	17	-	14	27	-

\* mg P/33 g jord Soil    \*\* mg/100 g jord Soil    \*\*\* meq/100 g jord Soil

**Table 6.** Jordkemiske analyser på fin lerblandet sandjord ved Agervig. Jordprøver er udtaget i 1978. Forklaring som tabel 5.

*Soil chemical analysis on samples taken in 1978 at Agervig, loamy sand. See table 5 for further legend.*

Dybde, cm Depth, cm	pH(H <sub>2</sub> O)	Rt	Ft*	Nat**	Kt**	Mgt**	Cat**	Kationer*** excl. H <sup>+</sup>	CEC***	Org. C %	Total-N %	C/N
5	5,9	5,6	5,4	2,2	3,8	4,1	189	10,0	14,0	4,14	0,209	19,8
12	6,2	5,9	5,9	2,7	4,7	6,1	201	10,8	13,5	4,20	0,215	19,5
20	6,1	5,7	2,4	3,0	4,4	4,8	153	8,3	13,9	2,97	0,133	22,3
30	5,8	5,3	0,4	1,4	4,1	0,5	46	2,5	9,0	0,94	0,051	18,4
40	5,5	5,2	0,2	0,8	1,6	0,6	16	0,9	3,3	0,27	0,013	20,8
50	6,0	5,2	0,1	0,5	1,1	0,5	9	0,5	1,7	0,10	0,010	19,3
60	5,6	5,1	0,2	0,4	1,2	0,5	8	0,5	1,6	0,07	0,008	9,1
70	5,4	5,0	0,1	0,4	2,0	0,5	9	0,6	2,2	0,09	0,010	9,3
80	5,0	4,7	0,2	0,6	2,1	0,6	9	0,6	2,2	0,04	0,005	8,6
90	4,9	4,6	0,2	0,6	2,2	0,7	10	0,7	2,0	0,02	0,005	4,6
100	4,7	4,5	0,3	0,6	3,1	0,9	11	0,7	3,9	0,05	0,006	8,3
110	4,6	4,4	0,3	0,7	3,5	1,1	13	0,9	4,2	0,06	0,009	6,3
120	4,5	4,4	0,3	1,0	4,8	2,7	15	1,1	4,7	0,08	0,009	8,6
130	4,6	4,3	0,5	1,1	5,8	3,7	19	1,5	5,0	0,10	0,010	10,3
140	4,5	4,4	0,6	1,3	6,4	8,1	17	1,7	6,0	0,12	0,009	13,3
150	4,6	4,4	0,4	1,3	5,7	9,6	14	1,7	5,6	0,14	0,010	14,0
160	4,7	4,5	0,3	1,2	5,2	10,4	14	1,7	5,7	0,15	0,009	17,0
170	4,7	4,4	0,4	1,3	5,1	11,4	14	1,8	4,6	0,17	0,011	15,5
180	4,8	4,5	0,5	1,4	5,0	13,1	14	2,0	6,1	0,29	0,015	19,3
LSD	0,7	0,3	0,7	0,3	2,2	6,5	25	-	-	0,34	0,018	-
CV %	8	4	43	35	37	105	39	-	-	30	32	-

Åbenrå er der kun målt i en enkelt profil, hvorfor den horisontale variation ikke kan bestemmes. For de enkelte stoffer ses, at pH og Rt er ret konstante, mens magnesiumtallet kan variere meget.

Den ringe variation i pH og Rt skyldes, at disse er logaritmiske.

I jorden ved Jyndeved aftager pH fra 6,5 i pløjelaget til lidt under 6 i undergrunden, og ved

**Tabel 7.** Jordkemiske analyser på lerjord ved Sdr. Stenderup. Jordprøver er udtaget i 1978. Forklaring som tabel 5.  
Soil chemical analysis on samples taken in 1978 at Sdr. Stenderup, loamy soil. See table 5 for further legend.

Dybde, cm Depth, cm	pH(H <sub>2</sub> O)	Rt	Ft*	Nat**	Kt**	Mgt**	Cat**	Kationer*** excl. H <sup>+</sup>	CEC***	Org. C %	Total-N %	C/N
5	7,6	7,4	9,1	3,1	11,6	7,5	290	15,5	15,8	1,57	0,146	10,8
12	7,6	7,2	8,9	2,6	11,2	7,7	276	14,8	17,8	1,43	0,133	10,7
20	7,5	7,1	9,1	2,4	11,7	7,7	275	14,8	15,8	1,42	0,133	10,7
30	7,4	7,0	4,9	2,9	9,6	8,3	250	13,5	15,5	0,83	0,087	9,6
40	7,4	7,0	3,8	4,0	12,1	11,0	327	17,7	14,8	0,48	0,054	8,9
50	7,4	7,0	4,1	4,0	12,0	12,7	321	17,5	17,7	0,40	0,045	8,9
60	7,3	7,0	4,9	3,9	11,8	12,8	348	18,9	18,4	0,34	0,039	8,6
70	7,4	7,0	6,1	3,3	10,7	10,7	297	16,1	18,0	0,29	0,042	6,8
80	7,4	7,1	7,2	3,4	11,6	11,0	313	17,0	16,0	0,24	0,033	7,3
90	7,5	7,2	8,9	3,2	11,4	9,7	288	15,6	14,0	0,22	0,030	7,3
100	7,8	7,4	10,1	3,1	10,8	7,8	288	15,4	15,0	0,10	0,026	4,0
110	7,9	7,5	10,4	3,4	11,9	8,0	296	15,9	15,9	0,17	0,026	6,4
120	8,1	7,7	10,4	2,6	11,4	5,3	246	13,1	14,0	0,24	0,017	14,1
130	8,4	7,8	10,7	3,0	11,6	4,7	241	12,8	12,8	0,19	0,017	11,0
140	8,5	7,9	10,0	3,3	11,8	4,3	236	12,6	12,8	0,18	0,015	12,0
150	8,5	8,0	10,4	3,4	11,9	4,7	228	12,2	12,8	0,23	0,015	15,3
160	8,6	8,1	10,4	3,4	12,0	4,7	222	11,9	11,7	0,16	0,014	11,6
170	8,5	8,1	11,2	3,5	12,5	4,7	224	12,0	12,3	0,09	0,015	6,0
180	8,6	8,1	10,0	3,5	12,8	4,3	220	11,8	11,4	0,22	0,014	15,9
LSD	0,4	0,3	1,6	0,7	n.s.	2,7	67	–	–	0,20	0,012	–
CV %	4	4	11	13	10	21	15	–	–	26	17	–

**Tabel 8.** Jordkemiske analyser på svær lerjord ved Åbenrå. Jordprøver udtaget i 1975. Forklaring som tabel 5.  
Soil chemical analysis on samples taken in 1975 at Åbenrå, loamy clay soil. See table 5 for further legend.

Dybde, cm Depth, cm	pH(H <sub>2</sub> O)	Ft*	Nat**	Kt**	Mgt**	Cat**	Kationer*** excl. H <sup>+</sup>	Org. C %
10–20	7,7	5,0	5,3	28,0	11,5	405	22,1	2,09
60–80	7,8	8,3	5,5	10,7	13,5	390	21,0	0,17
125–140	8,2	9,5	5,1	10,7	11,5	390	20,9	0,47
180–195	8,2	10,8	4,8	11,3	12,0	380	20,4	0,41

Agervig fra ca. 6 til under 5. Undergrunden her må karakteriseres som ret sur. Ved Sdr. Stenderup og Åbenrå stiger pH fra ca. 7,5 i den øverste meter til over 8 i de dybere jordlag. Det høje pH i undergrunden skyldes indholdet af CaCO<sub>3</sub>.

Fosforsyretallene ved Jyndevad er normale for jordtypen. Kaliumtallene er noget lavere og varierer meget fra forsøgsled til forsøgsled og over tiden. Det totale indhold af målte kationer (excl. H<sup>+</sup>) er lavt og aftager med dybden. Ved Agervig er såvel fosforsyretal som kaliumtal relativt lave. På grund af det store humusindhold i pløjelaget er

det totale indhold af målte kationer rimeligt stort, men aftager kraftigt ned til ca. 60 cm dybde for derefter at stige lidt igen i de dybere jordlag. Denne jord må betegnes som meget næringsfattig fra 40 til 120 cm dybde. Morænelerjordene ved Sdr. Stenderup og Åbenrå er næringsrige jorde med et højt indhold af næringsstoffer i hele profilen. Fosforsyretallet er dog forholdsvis lavt i pløjelaget ved Åbenrå. Summen af målte kationer varierer over dybden fra 12–18 meq pr. 100 g ved Sdr. Stenderup og fra 20–22 meq pr. 100 g ved Åbenrå.

Kationbytningskapaciteten (CEC, målt ved pH 7) er kun målt ved Agervig og Sdr. Stenderup. På grund af det lave pH ved Agervig er der her stor forskel mellem summen af målte kationer og CEC. Jorden har en lav basemætningsgrad. Ved Sdr. Stenderup er der nær overensstemmelse.

I tabellernes sidste 3 kolonner er vist jordenes indhold af organisk kulstof, total kvælstof og kulstof-kvælstofforholdet (C/N). Indholdet af toltkvælstof er knyttet til humusfraktionen; men C/N varierer dog meget over dybden og fra sted til sted. Henriksen (7) anfører, at når C/N er større end 30, vil der ske en fastlægning af kvælstof, og mellem 20 og 30 vil der hverken fastlægges eller frigøres kvælstof. Når C/N er mindre end 20, vil der afhængigt af temperatur og jordfugtighed normalt ske en nettomineralisering.

Med kendskab til jordens volumenvægt (tabel 1) kan det totale kvælstofindhold beregnes. Summeret ned til 1 m dybde fås de i tabel 9 viste tal for de 4 jorde.

**Tabel 9.** Indholdet af org. C og total-N ned til 1 m dybde samt C/N-forholdet og pH.  
*Content of org. C and N to a depth of 1 m together with the C/N-ratio and pH.*

	C	N	C/N	pH(H <sub>2</sub> O)
	t/ha			
Jynde vad	116	7,3	15,8	6,2
Agervig	146	7,6	19,9	5,9
Sdr. Stenderup	102	10,8	9,5	7,5
Åbenrå	114			7,7

Som vejte gennemsnit ned til 1 m dybde ligger C/N-forholdet under 20 for alle jorde. Der skulle således være mulighed for nettomineralisering især ved Jynde vad og Sdr. Stenderup. Ved Åbenrå er der ikke målt total-N, men forholdene må antages at kunne sammenlignes med jorden ved Sdr. Stenderup.

C/N stiger øjensynligt med faldende pH, når der sammenlignes mellem steder, og pH er vejte over dybden i forhold til kvælstofindholdet. Det må dog understreges, at denne sammenhæng, som det fremgår af tabellerne 5–8, ikke kan påvises inden for den enkelte profil.

## Konklusion

De 4 arealer kan ud fra de udførte fysiske og kemiske undersøgelser karakteriseres således:

Arealet ved Jynde vad er en grovsandet jord med en lav vandkapacitet og et stort luftindhold. Jorden har en god porøsitet og en meget høj mættet hydraulisk ledningsevne. Vandindholdet i den øverste meter af profilen kan udskiftes ca. 4 gange årlig ved normal overskudsnedbør. Indholdet af næringsstoffer i jorden er lavt, men de enkelte jordanalysetal er normale for jordtypen. Rodudviklingen i dybden er dårlig på grund af for lavt lerindhold.

Arealet ved Agervig er en fin lerblandet sandjord med et højt humusindhold i pløjelaget og et lerindhold, der først aftager og derefter stiger med dybden. Jorden har en god kapacitet for tilgængeligt vand, men er meget tæt i 60–100 cm dybde. Mættet hydraulisk ledningsevne aftager med dybden og er i undergrunden så lav, at dræning har været nødvendig. Vandet i den øverste meter kan udskiftes ca. 2 gange årlig ved normal overskudsnedbør. Kationbytningskapaciteten er god i pløjelaget, men pH og jordanalysetallene er relativt lave. Jorden er næringsfattig i 40–120 cm dybde og sur i undergrunden. Det tætte jordlag fra 60–100 cm dybde og den sure undergrund er en hindring for dyb rodudvikling.

Arealet ved Sdr. Stenderup er en lerjord med kalk i undergrunden. Vandkapaciteten er høj, men en stor del er utilgængelig for planter. Porøsiteten aftager med dybden. Der er tendens til pløjesål i 30 cm dybde. Mættet hydraulisk ledningsevne i undergrunden er så lav, at dræning er nødvendig for dyrkning. Vandet i den øverste meter kan udskiftes ca. 1,5 gange årlig ved normal overskudsnedbør. Jorden er næringsrig og har et højt pH. Der er en dyb rodudvikling i jorden.

Arealet ved Åbenrå er en svær lerjord med kalk i undergrunden. Lokalt findes områder med op til 70% ler i 50–100 cm dybde. Porøsiteten er god, men vandindholdet er så højt, at det kan knibe med et godt luftskifte. Mættet hydraulisk ledningsevne i 50–120 cm dybde er så lav, at vandbevægelse må foregå i grovporesystemet. Dræ-

ning er en forudsætning for dyrkning. Vandet i den øverste meter kan udskiftes lidt over 1 gang årlig ved normal overskudsnedbør. pH og indholdet af næringsstoffer er høje. Rodudviklingen i dybden er god, hvis den ikke hindres af for højt vandindhold.

### Erkendtlighed

Der skal bringes en stor tak til forsøgsværterne *N. J. Nicolaisen*, *Agervig, H. C. Juhl*, *Sdr. Stenderup*, og *Friis Møller, Åbenrå*, der har stillet arealer til rådighed for undersøgelserne.

Projektet har gennem flere perioder modtaget økonomisk støtte fra Statens Veterinær- og Jordbrugsvidenskabelige Forskningsråd.

### Litteratur

1. *Anonym* 1972. Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. Landbrugsministeriet 1972.
2. *Anonym* 1975. Soil Taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service: Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1975, 754 pp.
3. *Anonym* 1976. Den danske jordklassificering, Teknisk redegørelse. Landbrugsministeriet 1976, 88 pp.
4. *Aslyng, H. C.* 1978. Vanding i jordbruget. Kulturteknik II, 4. udg. DSR forlag. Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Kbh., 167 pp.
5. *Aslyng, H. C. & Hansen, S.* 1982. Water balance and crop production, simulation. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Vet. and Agric. University, Copenhagen, 200 pp.
6. *Bennetzen, F.* 1978. Vandbalance og kvælstofbalance ved optimal planteproduktion. 1, 2 og 3. Tidsskr. Planteavl 82, 81-99, 173-189 og 191-220.
7. *Henriksen, Aa.* 1983. Mineralisering af kvælstof. I: *Hansen, J. & Kyllingsbæk, A. (red.)* 1983. Kvælstof og planteproduktion. Tidsskr. Planteavl 87, 427-428, Beretn. nr. S1669, 141 pp.
8. *Hignett, C. T.* 1976. A method for sampling and measuring cereal roots. J. Austr. Inst. agr. Sc. 42, 127-129.
9. *Kjellerup, V.* 1983. Kvælstofgødsningens indflydelse på drænvandets indhold af nitratkvælstof, 1973-81. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1736.
10. *Kjellerup, V. & Kofoed, A. Dam* 1979. Kvælstofgødsningens indflydelse på drænvandets indhold af plantenæringsstoffer. Tidsskr. Planteavl 83, 330-348.
11. *Kuntze, H. & Neuhaus, H.* 1964. Vergleichende Messungen der Permeabilität. Landwirtsch. Forschung 17, 243-252.
12. *Madsen, H. B.* 1978. Bygs rodudvikling i relation til fysiske parametre i naturlig lejret jord. Tidsskr. Planteavl 82, 335-342.
13. *Schjønning, P.* 1985. Udstyr til afdræning af jordprøver for jordfysiske analyser. Beretn. nr. S 1762. Tidsskr. Planteavl 89, 30.
14. *Simmelsgaard, S. E.* 1985. Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper. II. Vandbalance, aktuel fordampning og afstrømning til dræn og undergrund. Tidsskr. Planteavl 89, 117-131.

Manuskript modtaget den 8. marts 1985.