

## Bygs rodudvikling i relation til fysiske parametre i naturlig lejret jord

af Henrik Breuning Madsen

*Geografisk Institut, Haraldsgade 68, 2100 København Ø*

### Resume

Beretningen omhandler bygs rodudvikling i seks jorde set i forhold til tekstur, pedologi, pH samt volumenvægt og luftindhold. Rodmængden blev bestemt som cm rod pr.  $\text{cm}^3$  jord ved at måle antallet af rodskåringer på et gridnet. Rødderne var blevet isoleret fra jorden ved dekantering. Forsøg viste, at en sigte med maskevidde 0,177 mm var velegnet til at tilbageholde rødderne ved dekanteringen. Undersøgelsen viste videre, at manglende ler og humus hindrede rodnædtrængningen, samt at hedejorde (podsoller) kunne have et atypisk rodprofil på grund af aldannelsen. Lave pH værdier viste sig hæmmende på rodudviklingen, hvorimod en pløjesål med volumenvægt på omkring  $1,8 \text{ g/cm}^3$  var gennemtrængelig for rødderne på grund af strukturdannelse. Strukturdannelsen bevirkede også, at rodudviklingen kunne foregå i en underjord med volumenvægte på  $1,7 \text{ g/cm}^3$  og luftvolumen på under 10%, da den sikrer et kontinuert sprækkesystem ned gennem jorden.

**Nøgleord:** rodudvikling, byg.

### Summary

The root development of barley has been investigated in six soil profiles. Root depths and intensities were determined as cm root/ $\text{cm}^3$  soil by means of a grid net as first described by Newman 1966. Furthermore, texture, pedology, pH ( $\text{CaCl}_2$ ), bulk density, and air content were determined and correlated with the root development.

It was found that in the coarse sandy soils barley developed roots to a depth of about 60 cm, a little deeper in a fine sandy soil although it did not reach the root depth for a good clayey moraine soil which can be 1.5 m. It was further found that podzols had a special root distribution in the subsoil because of a spodic horizon. It was found that low pH-values retarded the root development, and that roots could penetrate plough pans because a structure had developed. The structure had further the effect that the roots could penetrate an almost water-saturated subsoil with a bulk density of  $1.7 \text{ g/cm}^3$ .

**Key-words:** root development, barley.

### Indledning

Denne artikel omhandler en undersøgelse af bygs rodudvikling set i forhold til parametre som tekstur, humus og pH samt volumenvægt og procent luftfyldte porer. Rodudviklingen har stor betydning for planternes tørkeresistens, idet en dyb rodudvikling sikrer vandoptagelse fra et stort volumen, og en stor rodtæthed sikrer, at al den

plantetilgængelige vandmængde virkelig bliver udnyttet. Derfor er det vigtigt inden for et arbejdsområde som jordbundsbonitering at have kendskab til afgrødernes rodudvikling på forskellige jorde, da den plantetilgængelige vandmængde i dag er den væsentligste faktor for bonitering af jord. Også på ejendomme med kunstvanding vil

det være nyttigt at have kendskab til rodudviklingen, således at overvanding undgås.

### Jordbundstyper og prøveudtagning

Jordbundsprofilerne, der er beliggende nær Gadbjerg ca. 20 km vest for Vejle, er udvalgt således, at de repræsenterer både sandede og lerede jorde. Inden for de sandede typer er der jorde både med og uden al og i de lerede typer jorde med både basisk og sur underjord. Det tilstræbtes endvidere, at nogle af jordene skulle have forskellig dræning, dog blev ikke direkte lavbundsjord medtaget.

### Beskrivelse af profilerne

Der er ved beskrivelse af teksten benyttet den inddeling, der anvendes ved Den danske Jordklassificering (Teknisk redegørelse 1976), dog er sten- og grusindholdet samt sorteringen af sandet også medtaget. Horisonternes tykkelse er angivet i cm fra overfladen.  $A_p$  angiver overjorden (pløjelaget), E, B, C underjorde. Suffixerne betyder: h=humus, s=sesquioxider og g=glej. Det sidste vidner om temporært anaerobt miljø dvs. dræningsproblemer.

*P28 Råhøj*: podsol (hedejord) udviklet på flyvesand, flad mark, veldrænet

$A_p$  (0–29): gråsort velsorteret stenfrit grovsand

E (29–39): lysgråt blegsand, velsorteret stenfrit grovsand

$B_h$  (39–50): sort humuslag svagt hærdnet – tekstur som E

$B_s$  (50–65): mørk rødbrun jernal, hærdnet – tekstur som E

C (65–): gulbrunt stenfrit grovsand med enkelte hærdninger

*P33 NV Tykhøj*: morænesand, flad mark, veldrænet

$A_p$  (0–24): mørkt gråbrunt dårligt sorteret grovsand, få sten

$B_1$  (24–48): mørkt rødbrunt dårligt sorteret grovsand med mange sten

$B_2$  (48–70): mørkt rødbrunt gruset grovsand, meget få sten

C (70–): gulbrunt gruset grovsand uden sten

*P23 Rodinghus*: smeltevandssand, bakketop, moderat veldrænet

$A_p$  (0–28): mørkt gråbrunt dårligt sorteret grovsand, få sten

$B_g$  (28–50): gråbrunt velsorteret finsand, stenfrit og gleyet

$C_g$  (50–103): gråt finsand nederst fint lerblandet sand, stenfrit og stærkt gleyet

$2C_g$  (103–): rødbrunt velsorteret grovsand

*P17 Smedegård*: moræneler, bakketop, moderat drænet

$A_p$  (0–16): mørkt gråbrunt ler med få sten

B (16–50): brunt fra 40 cm rødspættet ler med mange lodrette ormegange, få sten

$C_g$  (50–): lyst gråbrunt med dybden blågråt ler med mange rustrøde pletter, få sten

*P35 Klausholm*: moræneler, bakkeskråning, veldrænet

$A_p$  (0–20): mørkt gråbrunt ler med få sten

B (20–41): gulbrunt ler med få sten

B (41–65): gulbrunt svær ler med op til over 20% sten

C (65–): gulbrunt næsten stenfrit ler

*P36 N Refstrup skov*: moræneler, svag skråning, dårligt drænet

$A_p$  (0–20): mørkt gråbrunt pløjelag, fint sandblandet ler, en del rådne sten

$B_g$  (20–45): gulbrunt ler med røde flammer, en del rådne sten

$C_g$  (45–): lyst gråbrunt ler med dybden olivengråt med rustrøde flammer, få sten.

Der er sandbånd i leret

### Prøveudtagning

Prøverne til rodbestemmelsen blev udtaget lige efter skridning, hvor den maksimale rodudvikling forventedes. På sandjordene blev der gravet huller til under den forventede roddybde, hvilket vil sige til ca. 80 cm for de grovsandede jorde og 120 cm for den finsandede jord. Efter beskrivelsen af profilet blev der udtaget ca. 1 kg jord for hver 10 cm ned gennem profilet, dog således, at der blev taget hensyn til eventuelle teksturforskelle og pedologiske horisonter (aldannelse). Prøverne blev

straks efter udtagningen tørret i et varmeskab ved 105°, da omsætningen af rødderne derved hindredes. På lerjordene gravedes til 50 cm dybde, og i denne øverste halve meter var prøveudtagningsproceduren den samme som for sandjordene. Prøver fra 50 til 150 cm dybde blev boret op ved hjælp af et 110 cm langt 3 tommers jernrør, der blev banket ned med en lufthammer. Røret var i den ene ende forstærket, således at det let kunne gå ned gennem morænen uden at tage skade. Endvidere var boret dobbeltslidset i hele sin længde, hvilket medførte, at prøverne nemt kunne udtages fra bordet. Der brugtes en donkraft til at trække det nedbankede rør op.

Efter boringen blev borekernen, såfremt der ikke var teksturelle eller pedologiske spring, sektioneret i 10 cm stykker og straks tørret ved 105°C.

Da borekernen udvider sig ca. 10% under nedhamringen af røret på grund af de kraftige vibrationer fra lufthammeren, var det nødvendigt senere at grave huller til under den maksimale roddebyde for at bestemme prøvernes volumenvægt, vandindhold og luftfyldte porer. Dette blev udført sidst i august 1977, og på de marker, hvor der endnu stod korn, blev der udtaget prøver til rodbestemmelse. Da det havde regnet kraftigt (over 75 mm) omkring Gadbjerg i august måned, var sandjordene helt gennemvædet i rodzonen, og lerjordene var gennemvædet et godt stykke ned i profilen. Det var derfor ikke muligt ud fra de bestemte vandindhold at udtale sig om rodintensitet i forhold til udtørningsgrad. De aktuelle vandindhold er derfor ikke medtaget i tabellerne.

## Analysér

**Kornstørrelsesanalyse:** På enkelte prøver blev der bestemt tekstur og humusindhold. Lerjordenes kornstørrelsesfordeling blev bestemt ved hydrometernethoden og sigtning gennem en 200 $\mu$  sigte. Sandjordenes tekstur bestemtes ved sigtning gennem flere sigter, da det dermed var muligt at vurdere sorteringsgraden. Hvor det var nødvendigt, bestemtes de finere fraktioner ved hjælp af Andreasenpipetten. Humusindholdet blev ikke fjernet inden teksturanalyserne, hvilket kan give

de lidt høje lerprocenter i de grovsandede jordes dyrkningslag.

**Humus:** %humus bestemtes ved hjælp af et Leco IR-12 kulturstofbestemmelsesapparat. Metoden er først beskrevet af Tabatabai og Bremner (1970) og anvendes nu ved Den danske Jordklassificering, hvor analyserne er blevet udført. pH bestemtes i en 0,01 M CaCl<sub>2</sub> opløsning med glaselektrode. Der blev ikke foretaget målinger direkte i marken.

Volumenvægt, vandindhold og % luftfyldte porer bestemtes på prøver udtaget i ringe med et volumen på 377 cm<sup>3</sup>.

## Rodbestemmelse

Rodmængden blev bestemt som cm levende rod pr. cm<sup>3</sup> jord. Til de levende rødder henregnedes de helt lyse og svagt brunlige, medens de mørkebrune og sorte henregnedes som døde. Rodlængden bestemtes ved hjælp af et gridnet, der er konstrueret således, at en snor på en meter lagt tilfældigt skærer nettet 100 gange, det vil sige, at en skæring svarer til en cm. Denne metode er beskrevet af Newman (1966) og Marsh (1971). De rødder, der bestemtes, var alle synlige med det blotte øje, hvilket medførte, at rodhårslængden ikke blev medregnet.

**Isolering af rødder:** Den nedenstående metode er udviklet på baggrund af studier foretaget af Hignett (1976). Følgende procedure fulgtes:

**Sandjorde:** Den tørrede prøve vejedes og overførtes til en dåse, der fyldtes med vand. Da rødderne i tørret tilstand er lettere end vand, kan man efter nogle sekunders henstand dekantere vandet, rødderne samt eventuelt halm og humusstoffer over gennem en sigte, der er så fin, at den tilbageholder rødderne. Der anvendtes til dette en 0,125 mm sigte. Efter 6–10 dekanteringer vil så godt som alle rødder være overført til sigten.

**Lerjorde:** På grund af lerets kraftige aggregatdannelse vil rødderne sidde fast i jordklumperne, og det var derfor nødvendigt først at dispergere prøven. Prøverne blev efter vejningen overført til en dåse, hvor der tilsattes en ca. 0,008 M natriumpyrophosphatopløsning, hvorefter de i ca. 10 minutter henstod i et vandbad med ultralyd under

jævnlig omrøring. Derefter dekanteredes prøverne ligesom sandjordene, dog brugtes der en 0,177 mm sigte i nogle tilfælde og i et enkelt mange sigter stablet med faldende maskevidde nedefter. Dette blev gjort for at finde den groveste sigte, der tilbageholder rødderne i et rimeligt omfang. Resultatet af dette forsøg vil blive omtalt senere. Leret dekanteres med over gennem sigten, og der sluttes først, når der næsten kun er silt og sand tilbage i dåsen, hvilket skulle give en rimelig sikkerhed for, at alle aggregater er ødelagt. I de tilfælde, hvor dyrkningslaget er kalkholdigt, be-

handles prøven med en saltsyreopløsning, da en dispergering ellers er umulig.

*Bestemmelse af rødlængden:* Rødderne samt eventuelle halmstykker og humus overførtes fra sigten til et 50 ml bægerglas ved hjælp af postevand. Indholdet i bægerglasset (incl. vandet) hældtes ud på gridnettet, der var lavet af plastik, og antallet af levende rødder bestemtes. I enkelte tilfælde bestemtes også antallet af døde rødder, der især i dyrkningslaget fandtes i anseelige mængder. Såfremt der fandtes over 200 skæringer i en prøve, blev den delt, da bestemmelsen ellers let ville blive unøjagtig på grund af sammenfiltrering af rødderne. I visse dyrkningslag var antallet af rødder så stort, at det var ønskeligt kun at tælle en del af prøven. En veldefineret delprøve udtoges ved at hælde blandingen af vand og rødder ned i en beholder, der med en skillevæg kunne deles i to lige store rum. Ved at lave et hul i bunden af det ene kammer med tilhørende prop, kunne den ene halvdel af rødderne, efter at prøven var homogeniseret, spules ud denne vej, og prøven var delt.

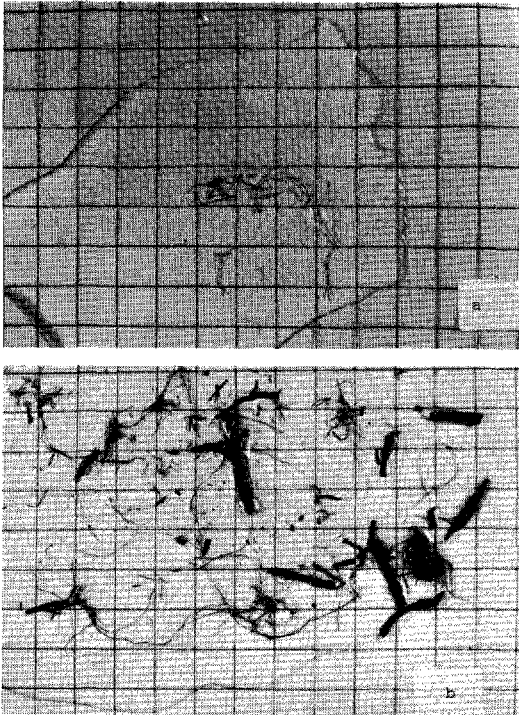


Fig. 1. Rodprøver fra a) underjord og b) pløjelag, der er tilbageholdt af en 8 mm sigte. Kvadratnettet, der er af plastik, har en kantlængde på 1,27 cm, hvilket medfører, at én skæring svarer til 1 cm rod. Rødderne ses beliggende i vand. Bemærk at prøven fra overjorden indeholder forrådnede halmstykker, hvilket helt mangler i underjorden.

*Roots from a) subsoil and b) top soil retained in a 8 mm sieve. The edge length of the square net is 1.27 cm i.e. one intersection corresponds to 1 cm root. The samples lie in water. Notice that the sample from the top soil contains putrefied pieces of straw, whereas none are found in the subsoil.*

## Resultater

I tabel 1 ses, hvor mange procent af rødderne målt i cm rod, der blev tilbageholdt i de forskellige sigter. Som eksempel er valgt to prøver fra N. Refstrup skov udtaget i dybden 10–20 cm og 20–30 cm.

Det bemærkes, at 0,177 mm sigten og mindre

**Tabel 1.** Procent af rodprøve, der er tilbageholdt i forskellige sigter  
*Percentage of total root mass retained by different mesh widths*

maskestørrelse mm	N. Refstrup skov	
	A 10–20 cm	B 20–30 cm
8	4,7	0,0
4	14,7	7,2
2	30,7	18,7
1	53,8	43,6
0,5	87,1	80,6
0,354	96,8	90,9
0,297	99,9	96,0
0,177	100,0	99,9
0,125	100,0	100,0
0,063	100,0	100,0

sigter er særdeles velegnede til at tilbageholde rødderne, hvorimod der er chance for mindre fejl ved benyttelse af 0,297 mm sigten. Det er behageligt ved dekanteringen at benytte en så grov sigte som muligt, da silt, finsand og ler let tilstopper de finere sigter.

I tabel 2 ses resultatet af rodtællingerne på 3 sandjorde og 3 lerjorde, hvor Rodinghus må regnes som en finsandet jord, da hovedparten af underjorden, hvor rødderne skal trænge igennem, er klassificeret som dette. Disse 6 jorde er et repræsentativt udsnit af 19 undersøgte profiler.

Det skal til den ovennævnte tabel bemærkes, at der kun var tale om levende rødder, og at der især i dyrkningslaget fandtes mange døde rødder. I visse tilfælde var der over 20 cm døde rødder pr. cm<sup>3</sup> jord. De lave tal for dyrkningslaget i Tykhøj NV behøver derfor ikke at være et udtryk for en generel svagere rodudvikling der end i de andre dyrkningslag, da den lave rodmængde kan opvejes af relativt mange døde rødder. I underjordene derimod er langt de fleste rødder levende, og tallene er derfor et godt udtryk for den totale mængde rødder i disse lag.

**Tabel 2.** Rodintensitet, pH<sub>CaCl2</sub> samt volumenvægt, vol % luft og kornstørrelsesfordeling for forskellige jorde  
*Root intensity, pH<sub>CaCl2</sub>, bulk density, % airfilled pores and grain sizes for different soils*

	rod root cm/cm <sup>3</sup>	pH <sub>CaCl2</sub>	volumen- vægt bulk density g/cm <sup>3</sup>	vol % luft air- content %	ler clay <2μ	silt silt 2μ-20μ	finsand fine- sand 0,02- 0,2mm	grov- sand coarse- sand 0,2-2mm	humus O.M. %
<i>P28 Råhøj</i>									
Ap (0-10)	3,3	4,92							
Ap (10-20)	1,6	5,00	1,48	22,5	3	4	33	60	2,6
Ap (20-29)	1,5	5,07							
E (29-40)	0,20	5,01	1,52	34,1	-	-	26	74	-
Bh (40-50)	0,30	5,28	1,48	20,9	4	1	25	70	4,4
Bs (50-60)	0,03	5,12	1,56	24,1	-	-	26	74	2,6
Bs/C (60-70)	+	5,07	1,58	-	-	-	41	59	-
<i>P33 NV Tykhøjet</i>									
Ap (0-12)	2,7	4,05							
Ap (12-24)	3,1	4,53	1,37	29,0	3	7	24	66	2,0
B <sub>1</sub> (24-35)	2,9	5,19							
B <sub>1</sub> (35-45)	0,90	5,15	1,48	27,6	1	4	16	79	1,0
B <sub>2</sub> (45-55)	0,15								
B <sub>2</sub> (55-65)	0,01	5,19	1,54	32,7	-	-	16	84	0,4
<i>P23 Rodinghus</i>									
Ap (0-10)	6,2	4,72	1,43	34,4					
Ap (10-20)	5,0		1,40	30,6	5	4	36	53	3,0
Ap (20-28)	4,4		1,48	27,2					
Bg (28-38)	0,60	5,98	1,47	28,9					
Bg (38-50)	0,52	5,48	1,55	25,0	3	3	52	41	0,6
Cg (50-60)	0,23		1,52	26,9					
Cg (60-70)	0,13	4,72	1,54	24,8					
Cg (70-80)	0,03	4,58	1,55	24,6					
Cg (80-90)	0,05	4,42	1,60	18,8	5	4	47	44	0,3
Cg (90-103)	0,03	4,39	1,60	16,5					
IIC (103- )	-	4,60	1,62	14,3					

	rod root cm/cm <sup>3</sup>	pH <sub>CaCl2</sub>	volumen- vægt bulk density g/cm <sup>3</sup>	vol % luft air- content %	ler clay <2 $\mu$	silt silt 2 $\mu$ -20 $\mu$	finsand <i>fine</i> - sand 0,02- 0,2mm	grov- sand <i>coarse</i> - sand 0,2-2mm	humus O.M. %
<i>P17 Smedegård</i>									
Ap ( 0- 8)	5,3	5,99	1,48	12,9					
Ap ( 8-16)	2,0	6,11	1,47	14,2	16	12	39	30	3,6
B (16-30)	1,5	5,81	1,54	18,3					
Bg (30-40)	1,4	5,53	1,50	22,1					
Bg (40-50)	1,6	5,58	1,56	19,2					
Cg (50-60)	0,88	5,50	1,58	19,2	21	10	39	29	0,3
Cg (60-70)	0,91	5,61	1,59	17,8					
Cg (70-80)	0,83	5,58	1,62	16,1					
Cg (80-90)	0,58	5,50	1,69	10,4					
Cg (90-100)	0,40	5,84	1,70	7,6	21	11	39	29	0,1
Cg (100-110)	0,22	5,80	1,70	7,8					
Cg (110-120)	0,05	5,90	1,74	4,8					
Cg (120-130)	0,03	6,10	1,70	4,4					
Cg (130-140)	0,02	6,19	1,67	4,2	22	11	40	27	0,1
<i>P35 Klausholm</i>									
Ap ( 0-10)	6,4	5,35	1,65	8,3					
Ap (10-20)	6,1	5,51	1,63	10,5	21	10	39	29	2,3
B (20-30)	2,0	5,53	1,58	13,7					
B (30-41)	1,2	5,04	1,54	18,5					
B (41-53)	2,0	4,80	1,54	19,0					
B (53-65)	0,64	4,36	1,48	21,2	25	10	38	26	0,5
B (65-75)	0,48	4,20	1,53	17,8					
C (80-90)	0,02	3,92	1,59	12,2					
C (90-100)	+	3,92	1,56	10,2	23	10	40	26	0,2
<i>P36 N Refstrup skov</i>									
A ( 0-10)	6,7	6,18	1,48	18,6					
A (10-20)	2,3	5,46	1,47	19,4	14	12	40	31	2,4
Bg (20-30)	0,71	5,05	1,80	9,1	16	7	47	30	0,8
Bg (30-40)	0,28		1,67	13,6					
B/C (40-50)	0,15	4,89	1,47	20,4					
Cg (50-60)	0,13	4,75	1,59	16,8	16	8	44	32	0,3
Cg (60-70)	0,05	4,54	1,57	15,0					
Cg (70-80)	0,03	4,56	1,67	7,5					
Cg (80-90)	0,01	3,80	1,63	11,1	17	10	42	32	0,2

### Teksturens og pedologiens indflydelse på rodudviklingen

Det har længe været klart, at kornstørrelsesfordelingen spillede en rolle for rodnedtrængningen, men også jordens pedologiske udvikling kan spille en rolle, hvilket fx ses i Råhøjprofilet, hvor humusalen giver basis for en øget rodudvikling.

Inddeles rodtætheden logaritmisk i følgende kategorier:

- I mange, over 1 cm rod/cm<sup>3</sup> jord
  - II få, mellem 1 cm rod/cm<sup>3</sup> jord og 0,1 cm rod/cm<sup>3</sup> jord
  - III meget få, under 0,1 cm rod/cm<sup>3</sup> jord
- fås følgende rodtybder for jordene i cm:

**Tabel 3.** Roddybde i cm for: mange > 1 cm/cm<sup>3</sup>, få mellem 1 cm/cm<sup>3</sup> og 0,1 cm/cm<sup>3</sup> og meget få rødder < 0,1 cm/cm<sup>3</sup>

*Rootdepth i cm for: I many roots (more than 1 cm root pr. cm<sup>3</sup> soil), II few roots (between 1 cm and 0.1 cm/cm<sup>3</sup> soil) and III very few roots (less than 0.1 cm root/cm<sup>3</sup> soil)*

	% af Smedegårdens roddybde				
	I	II	III	II	III
Råhøj .....	30	50	60	45	43
NV Tykhøjjet....	35	55	65	50	46
Rodinghus .....	30	70	100	64	71
Smedegård .....	50	110	140	100	100
Klausholm .....	53	75	90	68	64
N Refstrup skov	20	60	100	55	71

Smedegårdens rodprofil bruges som reference ved procentudregningen, da det var det af lerjordprofilerne, der havde de mest optimale betingelser for rodudvikling.

Heick (1972) har ved laboratorieforsøg vist, at der krævedes 2% humus eller 6% ler eller en kombination af dette for at få en rimelig rodudvikling i jorden. Betragtes de undersøgte profiler ses, at de to sandjordsprofiler NV Tykhøjjet og Rodinghus ikke opfylder de teksturelle krav i underjorden, hvorimod Råhøj i visse dele af underjorden opfylder kravet på grund af den pedologiske udvikling. Det bemærkes da også, at roddybden i de to grovsandede jorde kun er ca. 50% af lerjordens, medens den finsandede jords roddybde er ca. 60–70% af Smedegårdens.

### pH og rodudviklingen

I meget basiske eller sure jorde kan der opstå mangel eller forgiftningssymptomer på planterne på grund af for store eller for små koncentrationer af visse grundstoffer. Synker pH fx til under 4,5 vil aluminiumionen begynde at optræde frit i jordvæsken i anselige mængder, og der opstår fare for aluminiumforgiftning af planterne med nedsat udbytte til følge (Foy og Brown 1964). Mange af vore lerede morænejorde er siden istiden blevet kraftigt udvasket; kalken er fjernet i de øverste metre, og lave pH-værdier på omkring 4

kan opstå i de øvre dele af profilet. Klausholmprofilen er et godt eksempel på en sådan udvasket moræne. Kalkning af jorden har hævet pH i de øverste lag, dog sådan, at virkningen er aftagende med dybden, og kritiske pH-værdier nås i dybden 80 cm. At der er tale om en udvaskning af morænen vidner nærliggende mergelgrave om samt pH forløbet i Smedegårdensprofilen, hvor pH er stigende i underjorden fra 100 cm dybde.

Det bemærkes, at rodudviklingen reagerer stærkt på de lave pH-værdier, og i det aktuelle tilfælde ses, at rodudviklingen faktisk går helt i stå. I andre jorde med samme tekstur og pH forløb har der været konstateret rodudvikling ca. 30 cm ned i sådanne sure lag, men sjældent med større tætheder end 0,05 cm/cm<sup>3</sup>.

### Volumenvægt og rodudvikling

Ifølge Tackett og Person (1964) er rodudviklingen en funktion af jordens volumenvægt. De fandt ved forsøg med kimplanter i ikke naturlig lejret jord, at rodnedtrængningen hæmmedes væsentligt ved volumenvægte over 1,6 g/cm<sup>3</sup>, og at den praktisk taget gik i stå ved volumenvægte over 1,7 g/cm<sup>3</sup>.

Betragtes profilet N Refstrup skov haves en morænejord med en kraftig udviklet pløjesål, der i dybden 24–26 cm havde en volumenvægt på 1,83 g/cm<sup>3</sup>. I underjorden fandtes et temmelig vandrigt lag, formodentlig opstået ved udsivning af vand fra den nærliggende skov. Af rodprofilen ses, at rødderne går gennem pløjesålen, dog med en i forhold til dybden ret ringe intensitet, og at der kun er meget få rødder, der går ned i den meget fugtige del af underjorden.

Grunden til, at rødderne var i stand til at gennemtrænge pløjesålen, var strukturdannelsen i laget, der medførte et sprækkesystem, hvor igen rødderne kunne gå. Ved opbrækning af laget fandtes da også tætte rodmåtter langs aggregatkanterne, men ingen rødder inden i aggregaterne. Prøveudtagning til rodbestemmelse fra et sådant lag kan være behæftet med en vis usikkerhed på grund af den heterogene fordeling af rødderne. Det kan undre, at rodintensiteten ikke bliver større under pløjesålen, når tekstur, pH og volumen-

vægt ikke skulle virke hindrende, men det skyldes måske det temmelig våde lag i ca. 70 cm's dybde.

I Smedegårdsprofilen stiger volumenvægten med dybden, og kritiske værdier på omkring 1,7 g/cm<sup>3</sup> nås ved dybden 80 cm. Rodudviklingen hæmmes dog ikke væsentligt af dette, hvilket ses af den jævne aftagning i rodmængden med dybden. I analogi med pløjesålen må det også i dette tilfælde være den naturlige aggregatdannelse, der dannes basis for rodudviklingen.

For at få udviklet et rimeligt rodnet, må det sikres, at rodåndingen kan foregå uhindret. *J. Wesseling* (1962) fandt, at der krævedes over 10% luftfyldte porer for at sikre luftfornylelsen i jorden. Overføres ovennævnte iagttagelse på Smedegårdsprofilen ses, at rodudviklingen skulle hæmmes kraftigt fra ca. 90 cm's dybde, hvilket dog ikke er sket. Dette skyldes, at strukturen og gamle rodgange sikrer, at de fleste luftfyldte porer er kontinuerte gennem hele profilet, hvilket ikke er tilfældet for forstyrret jord, hvor mange store porer ender blindt. Det skal dog bemærkes, at såfremt der kun er få luftfyldte porer i underjorden, vil det kun være i nærheden af de store porer, der er aerobe forhold og basis for rodudvikling.

### Konklusion

Man kan generelt konkludere, at byg på de grovsandede jorde har en rodudvikling til en dybde på omkring 60 cm, medens den for de finsandede jorde er en del større dog uden at nå en normal morænejords roddebyde, som kan forventes at lig-

ge på omkring 1,5 m. Visse jordes pedologiske udvikling kan give sig udtryk i specielle rodprofiler, fx. podsoller. Lave pH-værdier kan virke hindrende på rodudviklingen, og pløjesåler kan være gennemtrængelige for rødder i de tilfælde, hvor laget har en god struktur. Strukturens store betydning skyldes, at den sikrer et kontinuert sprækkesystem ned gennem jorden, i hvilket den mekaniske modstand mod nedtrængning er lille, og hvor luftskiftet kan foregå uhindret, selv om resten af jorden er vandmættet.

### Litteraturliste

- Foy CD & Brown JC* (1964): Toxic factors in acid soils II. Differential aluminium tolerance of plant species. *Soil Sci.Soc.Am.Proc.* 28, p. 27-32.
- Heick J* (1972): Rodudvikling i sandjord i relation til fysiske forhold. Hydro. lab. KVL.
- Hignett CT* (1976): A method for Sampling and measuring cereal roots. *Jou.Aust.Inst.agri.sci.* p. 127-129.
- Marsh B* (1971): Measurement of length in random arrangement of lines. *J. Appl. Ecol.* 8, p. 265-267.
- Newman EI* (1966): A method of estimating the total length of root in a sample. *J.Appl.Ecol.* 3, p. 139-146.
- Tabatabaei MA & Bremner JM* (1970): Use of the leco automatic 70-second carbon analyzer for total carbon analysis of soils. *Soil sci.soc.Am.proc.* 34, p. 608-610.
- Tackett JL & Pearson RW* (1964): Oxygen requirement of cotton seedling roots for penetration of compacted soil cores. *Soil.sci.soc. Am.proc.* 28, p. 600-605.
- Wesseling J* (1962): Some solutions of the steady state diffusion of CO<sub>2</sub> through soils. *Neth.J. Agric.Sci.* 10, p. 109-117.
- Den danske Jordklassificering*: Teknisk Redegørelse. Landbrugsministeriet 1976.

Manuskript modtaget den 18. januar 1978.