

Skiverod, hjerterod eller pælerod

Den genetiske styring af rodsystemernes struktur er meget stærk. Dog modificeres rodarkitekturen ofte stærkt af miljøet hvor især jordbund og vind spiller en ganske stor rolle

Af Christian Nørgård Nielsen

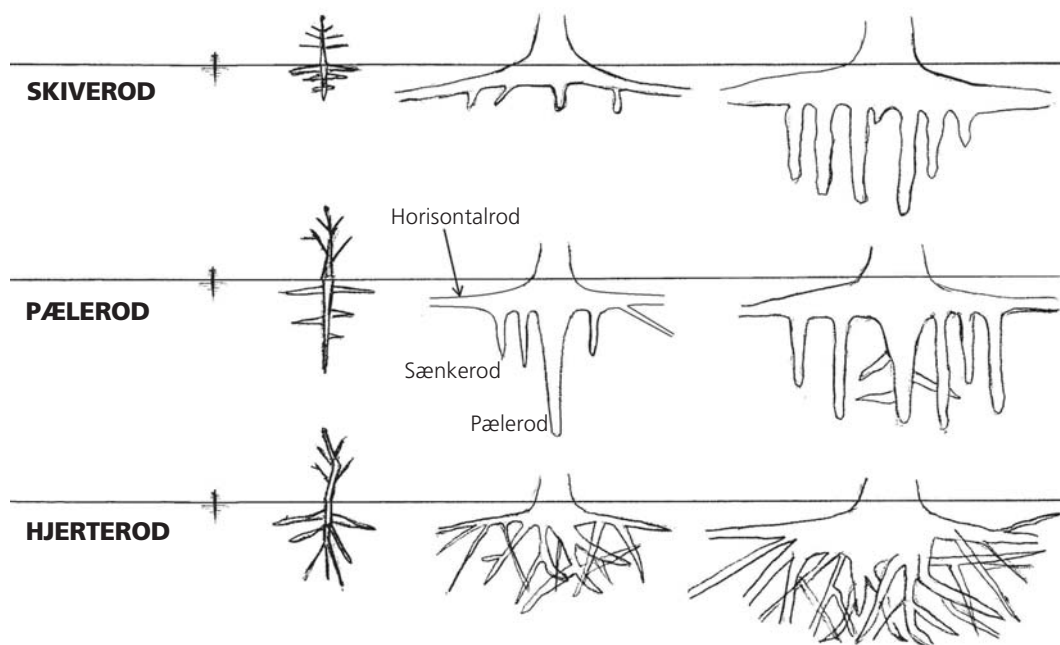
Træernes rodsystemer klassificeres i tre grupper efter den rodtype de har: skiverod, hjerterod eller pælerod (figur 1). Definitionerne, som tyske forskere fandt på i starten af 1960'ere, har siden dannet en global standard. Reelt set er der træarter der falder lidt uden for, men de tre klasser dækker rimelig godt over flere af vores mest kendte træarter.

Skiverod

Skiverodssystemet har rødderne tydeligt orienteret i enten horisontale eller vertikale retninger. Der er i reglen ingen 'skrå' rødder. Pæleroden mister meget tidligt sin rolle og kan sjældent genfindes i ældre træer. De horisontale støtte-rødder er til gengæld meget stærkt udviklede. Antallet af sænkerødder som udgår fra horisontalrøddernes underside, kan dog godt være betydelig. Eksempler er rødgran, sitkagran og ældre lærk (figur 1, 5 og 6).

Hjerterod

Hjerterodssystemet er kendetegnet ved at der i princippet dannes rødder i alle retninger, i glidende overgang fra vandret til lodret. Samtidig dannes der i reglen et betydeligt større antal hovedrødder end i skiverodssystemet. En dominerende pælerod kan i reglen ikke ses. Et eksempel på en



Figur 1: Skitse af de tre klasser af rodsystemer. Alle træarter begynder med en pælerodslignende struktur (kimroden) som derefter gradvist udvikler sig forskelligt.

TRÆERNES SKJULTE HALVDEL

Grønt Miljø sætter i artikelserien 'Træernes skjulte halvdel' af Christian Nørgård Nielsen fokus på træernes rødder, deres funktion, struktur og vækstøkologi. Dette er den tredje artikel i serien der før har budt på 'Træernes skjulte halvdel' og 'Den ideelle rodstruktur'. De følgende artikler handler om hvordan miljø og mennesker påvirker rodsystemernes udvikling og struktur.



Figur 2: En uforstyrret pælerod i en ung skovfyr.

GENETIK OG MILJØ

Genetikere skelner mellem **genotype** og **fænotype**.

- Genotypen henviser til egenskaber som alene skyldes genetiske effekter og som man kan beregne sig til.
- Fænotypen henviser til alle observerede egenskaber som er en blanding af genetiske og miljømæssige påvirkninger. De observerede egenskaber er lig med fremtoningspræget.
- Når vi graver rodsystemer op i skoven, får vi altid fænotypen, altså en blanding af genetik og miljø. For at få et overblik over typiske genetiske forskelle mellem træarter, må man opgrave mange træer fra forskellige lokaliteter og aldre. Forfatteren ledede i 90'erne et EU-projekt hvor vi undersøgte 1400 rodsystemer i 9 træarter på 19 lokaliteter i 5 lande.

træart med hjerterod er bøg (figur 1, 7 og 8).

Pælerod

Pælerodssystemet er kendetegnet ved at kimroden fortsætter med at udvikle sig kraftigt til en meget dominerende central 'gulerod' i direkte forlængelse af stammen. Den vil undertiden dele sig i flere mindre vertikale pælerødder hvis rodspidsen bliver beskadiget. I reglen vil pæleroden - ligesom skiveroden - være bestykket med horisontalrødder og sænkerødder, men antallet af horisontal- og sænkerødder er ofte lidt højere. Eksempler er eg, skovfyr, almindelig ædelgran og ung lærk (figur 1, 2 og 3).

Udvikles med alderen

Alle træarter begynder i princippet ved kimplantestadet med at være domineret af en pælerod. Derefter kan pæleroden miste dominans. Det kan gå langsomt som hos lærk. Den kan op gennem de første to årtier have en meget kraftig og tydelig pælerod som dog går tabt i det ældre lærketræ. Hos bøg (hjerterod) og rødgran (skiverod) går pæleroden meget hurtigt tabt (figur 1).

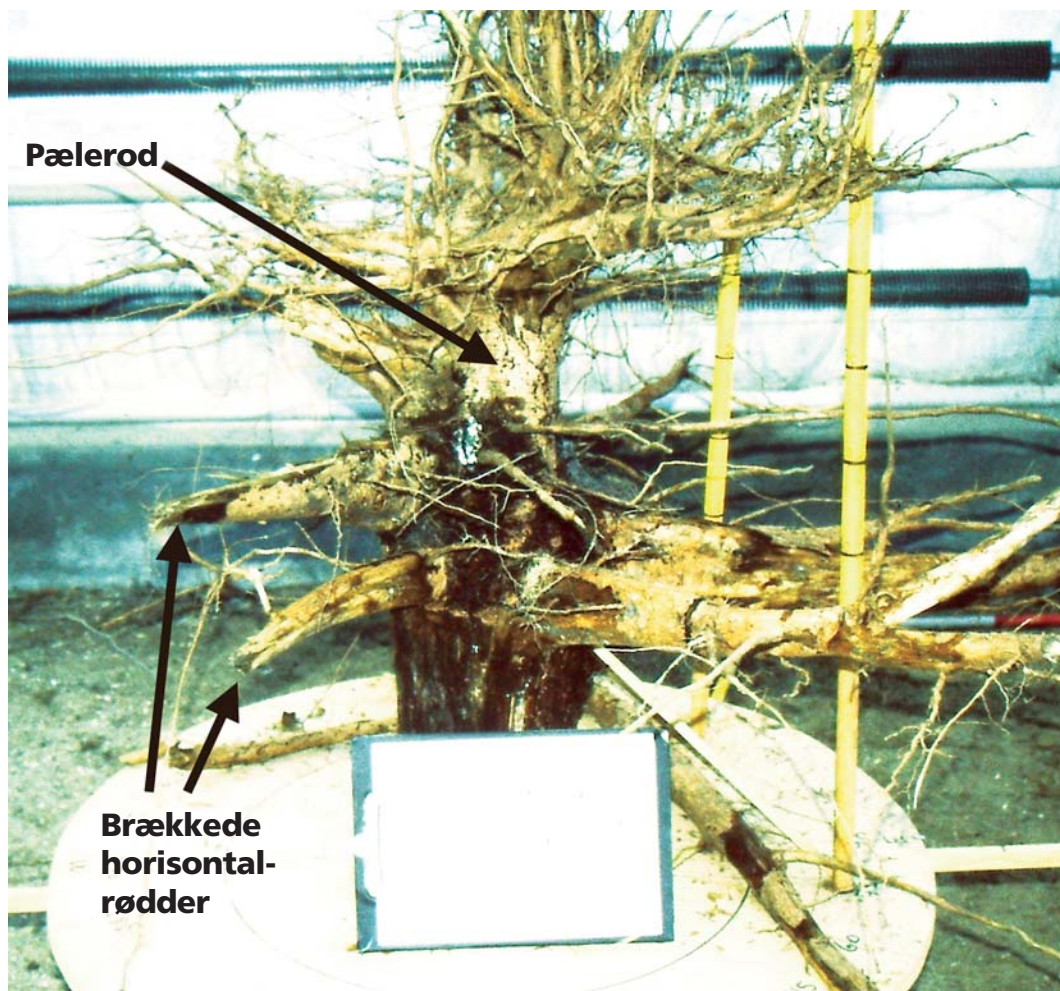
Skovfyr, eg og ædelgran danner pælerod og vil - hvis miljøet tillader - bevare en pælerod hele livet. Figur 2 viser den uforstyrrede pælerod i en selvsået ung skovfyr. I den mellemaldrende skovfyr i figur 3 har pæleroden delt sig i 60-70 cm dybde. Pæleroden i den gamle skovfyr i figur 4 er stødt på et hårdt jordlag i cirka 90 cm dybde hvor den har delt sig og udviklet en kraftig anden etages horisontalrødder.

Disse fotos illustrerer flere ting: 1. Træarternes særlige karakterer bliver mere udprægede med alderen. 2. Miljøet spiller en stor rolle for hvordan 'genetikken' formes i et det givne miljø. 3. Det kræver stor erfaring at tolke hvad der er genetik, og hvad der er miljø.

For alle rodsystemer kan miljøet modificere den genetiske tendens meget. Se f.eks. i figur 4 de mere skrå nedadgående horisontalrødder i skovfyren.

Tørre tal om tre klasser

Forskellene mellem de tre typer rodsystemer kan sammenfattes som følger:



Figur 3: Pæleroden deler sig i 60 cm dybde men fortsætter videre i dybden. Mellemaldrende skovfyr.



Figur 4: I denne gamle skovfyr flader pæleroden ud i cirka 90 cm dybde hvor den rammer et hårdt jordlag.



Figur 5: En yngre sitkagran har et typisk skivrodssystem. Her set fra siden.



Figur 6: Samme sitkagran som figur 5, men set fra bunden. Unge skiverodssystemer har ofte problemer med symmetri og tilstrækkelig intensitet i sænkerødderne.

ORIENTERING. Man ser den typiske vandret/lodret orienterede opdeling til horisontal- og sænker-rødder i skiveroden (figur 5) og den mere pindsvineagtige rodfordeling i hjerteroden (figur 7). Pælerodssystemet har i reglen samme vandret/lodrette fordeling som i skiveroden (figur 2 og 3).

RODANTAL. Antallet af rødder tæt på træet er større i hjerteroden end i skiveroden (figur 6, 7 og 10a). Pælerødder ligger tit mellem de to andre typer (figur 10a). Typisk er der kun 4-7 dominerende støtterødder i skiverodssystemer, men flere i pælerodssystemer og langt flere i hjerterodssystemer (figur 9 og 10a).

RODSTØRRELSE. De enkelte dominerende horisontalrødder

er væsentlig tykkere i skiverødder end i hjerterødder. Pælerødder ligger midt i mellem (figur 6, 8 og 10b).

OVALITET. Grundet de færre og større rødder i skiveroden belastes disse også hårdest. De dominerende støtterødder får derfor mere reaktionsved og større ovalitet i rodtværsnittet (figur 10c).

SYMMETRI. Fordi hjerteroden danner mange flere rødder, bliver rodsystemets symmetri i reglen bedre end i skiveroden (figur 6, 8 og 10d). Bemærk i 10d at den største vinkel mellem to støtterødder er hele 148 grader i gennemsnit for 12 træer. Derved formindskes rodpladens stivhed til under 30% (i forhold til teoretisk optimum) i den retning

hvor støtterødderne 'gaber' meget. Hos de øvrige rodtyper reduceres rodpladens stivhed ud mod det største 'rodgab' kun til cirka 80% af optimum.

RODINTENSITET. Kombinationen af et større antal rødder horisontalt, og i særdeleshed vertikalt (figur 6, 8 og 10e), giver i reglen hjerteroden bedre evne til at fastholde en rodka-ge end skiveroden.

Røddernes nøgletal

På basis af opdelingen mellem de små og de dominerende rødder (se figur 9) kan der beregnes nøgletal for rodtypernes basale karakterer (figur 10). Der er to eksempler på pælerodssystemer (skovfyr og eg), og de er på flere områder signifikant forskellige.

Reelt set har egen en blanding af en hjerte- og en pælerod. Det viser at grænserne mellem de tre klasser er lidt flydende. Alligevel kan vi danne os et groft billede af de tre rodklassers fordele og ulemper. Ingen opfylder dog alle krav til et optimalt rodsystem.

Alsidedig stiv rodplade

Det er en fordel med en alsidedig stiv rodplade. Tre faktorer skal sammen være opfyldt for at danne en sådan: Støtterødderne skal være meget tykke da stivheden stiger med diameteren i fjerde potens. Der skal være mindst 4 støtterødder. Og de dominerende støtterødder skal være i god symmetri da vinklen mellem dem ellers let kan komme op over de kritiske 120 grader.

Som det ses i figur 10, danner skiveroden meget tykke støtterødder. Desværre er der for mange individer med kun 3 dominerende støtterødder, og vinklen mellem dem når 148 grader i gennemsnit. Skiveroden skaber derfor en meget stiv rodplade, men har tit mindst én retning hvor rodpladen er stærkt svækket.

I reglen øges symmetrien dog noget med alder, og gennemsnitligt har skiverødder en forholdsvis god rodplade. Derfor ser man ofte væltede rødgraner ligge med stammen højt over jorden: Drejningsaksen i rodsystemet er så skubbet 50-100 cm væk fra stammen.

I hjerteroden er der i reglen mange støtterødder og en særdeles god symmetri, men støtterødderne er meget tynde og svage, og hjerterodens rodplade er derfor ikke ret stærk. Når bøgetræer vælter i storm, brækker støtterødderne tæt på stammen på grund af den svage rodplade.

Pæleroden har god symmetri og mellemstore rødder. Resultatet er oftest en regulær, men noget svagere rodplade. Dermed undgås de svagheder de to andre typer har. Årsagen til at skovfyr tit står med skæve stammer er de tynde og svage horisontalrødder, tab af pæleroden og en langsom udvikling af sænkerødder.

En intakt pælerod

Det er en fordel med en intakt pælerod. Den dannes naturlig-

vis kun i pælerods-systemet, men i praksis går pæleroden desværre ofte mere eller mindre tabt på grund af vores dyrkningsmetoder.

Mange vertikalrødder

Det er en fordel med et stort antal vertikalrødder. Dem finder man i hjerterodssystemer og i mange pælerodsarter. Dog danner skovfyr sænkerødder ret sent, og der er stor variation mellem skovfyrbevoksninger. Ofte danner hjerte- og pælerødder dog en tung og stabil rodskage som i høj grad er med til at stabilisere træet. Rodkagen hos skiverodssystemer bliver først stor i en høj alder og er ofte mindre stabil.

Stor roddybde

Det er en fordel når vertikalrødderne går dybt ned. Udover rodskagedannelsen er det vigtigt for træets vandbalance. Især når træerne bliver ældre, spiller de dybe sænkerødder en vigtig rolle for træets vitalitet. Det er i meget høj grad jordbundsforholdene som er afgørende for roddybden (figur 11) og der er kun svage forskelle i roddybde mellem de tre rodklasser. Nogle arter, f.eks. eg, klarer sig dog bedre end andre i iltfattige jorder.

Symmetri

Det er en fordel når der er stor symmetri i horisontalrødderne. Det sikrer et ensartet træ i 'trækrødderne' når vinden rufter, og gør rodskagen større



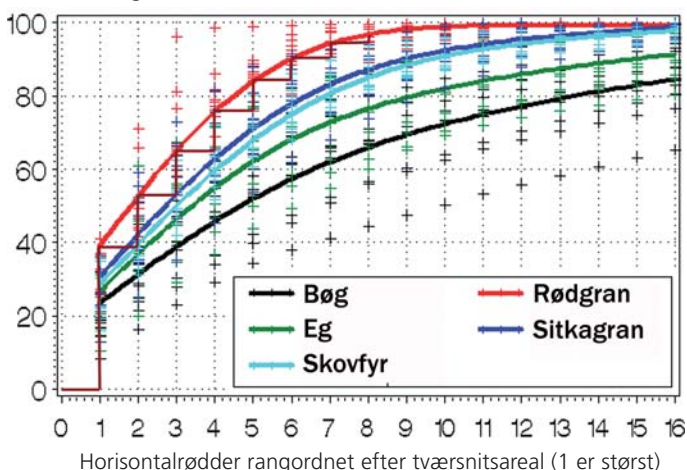
Figur 7: Mellemlaldrende bøg med en typisk hjerterod. Træet er lidt større og ældre end sitkagranen i figur 6.



Figur 8: Samme bøg som i figur 7. Hjerterodssystemer har en god symmetri og høj rodintensitet.

Objektiv udpegning af dominerende støtterødder

Akkumulering af røddernes tværsnitsareal, %



Figur 9: Horisontalrødderne i 5 træarter vokset på sandjord. Hver kurve viser gennemsnit af 12 træer. Hvert træ er markeret af et kryds.

Hvordan skelner man mellem store, dominerende støtterødder og alle de mange mindre? Det går til nød an på skiveroden i figur 6, men hvad med hjerteroden i figur 8?

Man kan gøre som vist på figur 9. På X-aksen er horisontalrødderne rangordnet så roden med størst tværsnitsareal har nr. 1. På Y-aksen opsummeres tværsnitsarealet.

For rødgran viser den røde kurve hvordan de enkelte rødders trinvis bidrag til totalen falder, jo længere ned i rangordnen en rod kommer. For rødgran udgør den største rod 38% af totalen. De fire største rødgranrødder udgør 76% af alle horisontalrøddernes samlede tværsnitsareal.

Denne teknik bruges til at sætte en grænse mellem 'dominerende' støtterødder og alle de andre. En rod er dominerende hvis den hører til blandt de største 80% af rodmassen. Som det kan aflæses i figur 9 betyder det at der er 4 'dominerende horisontalrødder' i rødgran, 6 i sitkagran og skovfyr, 10 i eg og 13 i bøg. I ældre træer og på andre jorder kan tallene ændre sig noget.

Tallene stammer fra 56 og cirka 12 meter høje træer der voksede i Klosterhedens sandjord. Horisontalrødder blev målt med kompasretning og diameter 30 cm fra stubbens midte. Vertikalrødder blev målt med kompasretning og diameter i 30 cm dybde.

og mere stabil. Her ligger hjerteroden i toppen, pæleroden i midtens og skiveroden i bund.

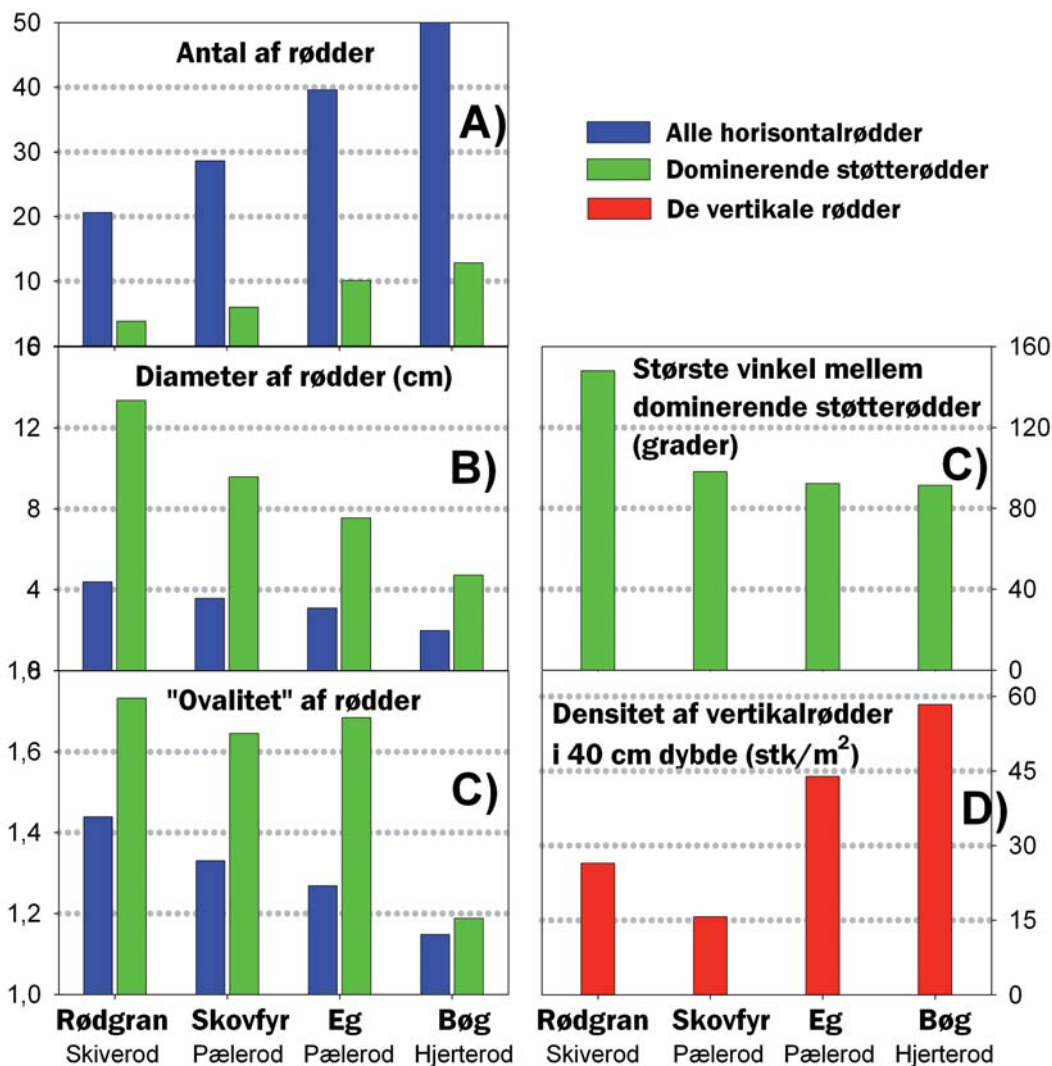
Glidende overgange

I tabel 1 er det forsøgt at give de tre rodklasser karakterer for de nævnte egenskaber. Det ses at forskellige træarter opbygger deres stabilitet på forskellig vis. Man ser også hvorfor skiverodssystemer tenderer til at være mindre stormstabile end de andre.

Det er dog vigtigt at huske at de tre klasser er vores forsøg på at sætte system i virkret og at der er glidende overgange. F.eks. har sitkagran med skiverod 5-10 dominerende støtterødder og flere sænkerødder end rødgran. På dybgrundede jorder begynder roden at ligne en hjerterod.

Hvordan jordbunden kan modificere et rodsystems arkitektur er figur 11 et eksempel på. Det viser dybden af sænkerødder fra henholdsvis en vandlidende lerjord og en tør sandjord. Roddybden er åbenlys størst hvor jordbunden tilbyder rødderne et sundt miljø i stor jorddybde. Det skal man til besindighed med at tillægge de genetiske forskelle for stor betydning. Træart spiller en meget stor rolle, men skabelse af et godt urbant rod-miljø er ligeså vigtigt.

Man kan afslutningsvis spørge: Hvorfor skal vi vide noget om træarternes genetisk betingede rodarkitektur? Det skal vi bl.a. fordi vi ellers ikke kan afsløre og forstå vore fejl når vi mishandler træernes rodsystemer i vores daglige arbejde med træer. □



Figur 10. TRÆARTERS OG RODKLASSERS FORSKELLE

Alle data er målt 30 cm fra centrum af stubben i jordoverfladen. Resultaterne er standardiserede så arterne er sammenlignet ved ensartet stammevolumen. Dataene er baseret på de samme 56 træer som i figur 9.

Tabel 1 Rodsystemets egenskaber	Skiverod	Pælerod	Hjerterod
Rodkagedannelse	-(+)	++(+)	+++
Stiv rodplade	++(+)	++	+
Trækrodkomponent	---	++	++
Trækrødder belastes jævnt	---	++	+++
Vertikallrødder i stor dybde	?	?	?
Effektiv pælerod	---	+++	---

SKRIBENT

Christian Nørgård Nielsen er forstkandidat, dr.agro. Han har i mange år forsket i træer og skovens økologi på Skov & Landskab, Københavns Universitet, og har nu eget rådgiverfirma, SkovByKon.dk. Skribenten har taget de billeder hvor ikke andet er anført.



Figur 11: Effekten af jordbunden på roddybden. På en vandlidende lerjord begrænses røddernes vertikale udvikling af mangel på ilt i de nedre jordlag. Det modificerer stærkt sænkerøddernes udformning.