

Vandets veje op gennem træet

TRÆPLEJE. Grenkoblinger, fiberhældninger, poringer, valker, furer og indgroet bark er faktorer i træets vand- og sukkertransport og bør indgå når træets sundhed og pleje vurderes

Af Christian Nørgård Nielsen

Vandet optages af rødderne og fordampes fra bladene. Så meget står klart for os alle. Men den måde vandet transporteres på op gennem stammen og ud i grenene, er ikke den samme fra træart til træart. Ledningsbanerne (karrene) kan være få og store og transportere vand tæt på stammeoverfladen eller mange og små og transportere vand i et bredt splintved der strækker sig dybt ind i stammen. Og ledningsbanerne kan koble rod og gren mere eller mindre direkte sammen.

Det er forskelle der kan have betydning for hvordan vi vurderer stammers vitalitet og sundhed og dermed den træpleje vi foretager. Man kan f.eks. se at nogle områder på stammen og grenene kan have en særlig dårlig tilvækst og sårlukning, men ikke andre områder (figur 1). Det er et

fænomen jeg behandler i forbindelse med en bog om beskæringens biologi jeg arbejder på. Det kan netop forklares med transportvejene i stamme og bark. Forstår man dét, kan man komme nærmere en god plejeløsning.

I områder med dårlig tilvækst og sårlukning er kam-biet svagt forsynet med sukker, og sådanne områder er mere udsatte for barkdød. Faktisk opstår der hyppigt døde pletter på stammen efter stærk tørke eller efter forkert beskæring. Hvis ikke sådanne døde pletter ret hurtigt overvokses af sårkallus, giver det indgang for råd og misfarvning i stammen. Forståelsen for sådanne problemer lettes hvis man kan tolke karakteren af transportvejene i stammen.

Kobling fra rod og gren

F.eks. i forbindelse med beskædigelse af rødder opstår spørgsmålet om hvorvidt det kun er enkelte grene eller hele trækronen som bliver påvirket. Eller sagt på en anden måde: Er der en direkte og stram kobling mellem en bestemt rod og en bestemt gren? I nogle træarter og individer, ja. Men i de fleste træarter er koblingen ikke simpel.

For at forstå emnet skal vi kende til begreberne integre-



Figur 1. Stamme fra taks med stærkt beskyttede grene. Sektorielle transportsystemer (både i veddet og barken) fører både saft og sukker forbi de områder i stammen som fører til grenene. Derfor dannes sulterender i de områder som underforsynes med sukker.

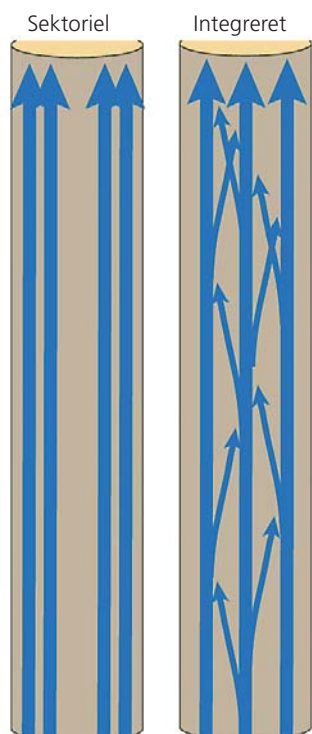
ret og sektoriel vandtransport (figur 2). Ved integreret vandtransport i stammen fordeler vandet fra én rod sig hurtigt på tværs rundt i hele stammens tværsnit. Ved sektoriel vandtransport forløber vandet fra én rod i et snævert bånd langt op ad stammen og ender ofte med at blive ledt ud i én bestemt gren.

Disse to centrale definitioner er lette at forstå, men langt vanskeligere at genkende og

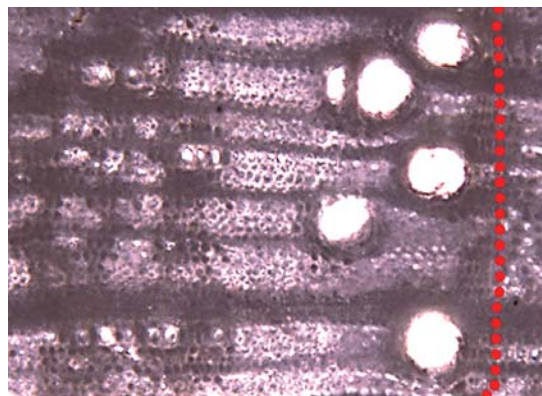
iagttage i virkeligheden. For at kunne tolke et træs grad af sektoriel vandtransport kræves en ret betydelig basisviden om træets opbygning og funktion. Jeg forsøger i det følgende at sammenfatte de vigtigste centrale mekanismer.

Spredt- eller ringporet

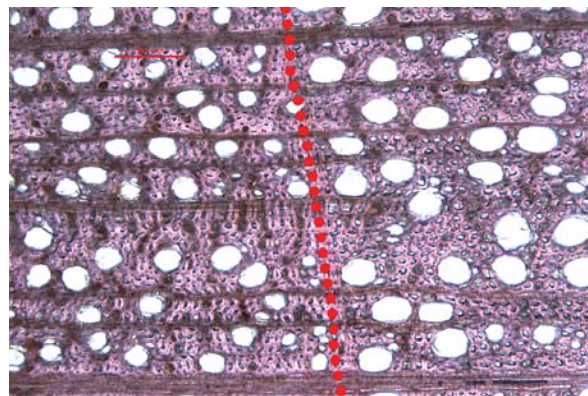
Den overordnede tendens er at vandtransporten er sektoriel i ringporede og integreret i spredtporede træarter.



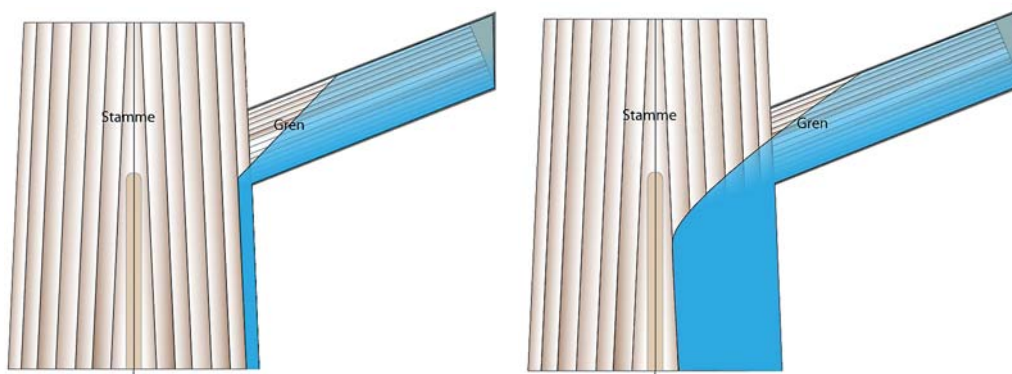
Figur 2: Vandveje med sektoriel og integreret vandtransport.



Figur 3a: Ledningsbaner (kar) i veddet af en ringporet træart, ask. Årringsgrænsen er til højre for karrene.



Figur 3b: Ledningsbaner i veddet af en spredtporet træart, tjørn. Årringsgrænsen er midt i billedet.



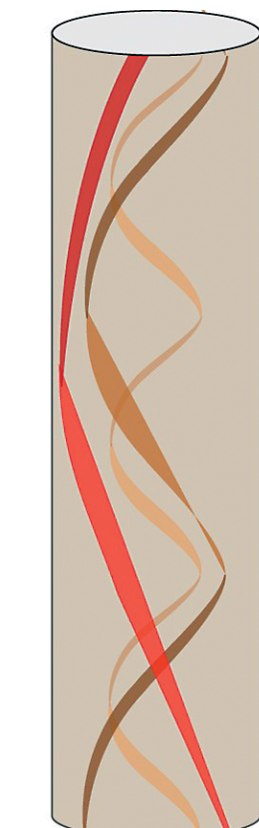
Figur 4. Vandtransport ud i grene ved henholdsvis ringporet træart med smalt splintved og spredtporet træart med bredt splintved. Skitsen illustrerer hydrologien for et lodret snit midt gennem grenen.

Ringporede arter (eg, ask, robinie, elm) har en ring af meget store ledningsbaner (kar) i begyndelsen af hver årring i veddet (figur 3A). Spredtporede arter (lind, løn, birk, bøg, poppel) har mange små ledningsbaner jævnt fordelt over hele årringen (figur 3B). Diameteren på karrene i de ringporede arter er typisk mellem 0,2 og 0,5 mm mens diameteren er meget mindre i spredtporede arter.

Da transportevnen af vand stiger med kardiameteren i 4. potens, skal en spredtporet træart have gennemsnitligt 600 ledningsbaner for at levere ligeså meget vand som kun 1 kar i et ringporet træ. Ringporede træarter kan derfor nøjes med at lede vand i den eller de yderste 1-2 årringe. I spredtporede træarter fordeles vandtransporten over 10-15-30 årringe (figur 4). Spredtporede træarter har derfor et bredt vandførende splintved, men det vandførende splintved er meget smalt i ringporede arter.

Ringporede arter som kun fører vand i yderste årring, er meget følsomme over for mekaniske skader, stærk tørke og stærk solindstråling. Til gengæld har sådanne ringporede arter en meget kraftig evne til regeneration af vandtransportveje da næsten hele det aktive hydrologiske ledningsnet gen- eller nyskabes i løbet af få uger hvert eneste forår (hvis blot kambiet er i live).

Denne viden om hydrologien forklarer også delvist hvorfor det er en langvarig proces at slå spredtporede træarter ihjel med ringning: vandet transporteres over mange årringe i et meget dybt splintved. Ringning af ringporede arter burde være langt mere



Figur 5. Vandtransportveje i tre forskellige dybder i veddet hos et spredtporet træ. Ledningsbanerne følger spiraler af forskellig stejlhed.

effektiv, men forfatteren har ingen personlig erfaring med ringning af ringporede arter.

Ledningsbanens hældning

De vandtransporterende kar har tendentielt samme hældning som veddets fibre. Og fiberhældningen ændrer sig en smule fra årring til årring. Fiberhældningen ændrer sig med alderen fra venstresnoning til højresnoning i nåletræer og mange spredtporede løvtræer.

Vandet transporteres altså ikke lodret opad, men i spiraler som følger fiberhældningen. I takt med at hældningen på ledningsbanerne ændrer sig fra årring til årring, trans-

porteres vandet opad i forskelligt stejle spiraler i forskellige årringe (figur 5).

For et spredtporet træ med vandtransport i mange årringe betyder det at en gren kan modtage vand gennem én spiral og fra én rod til én af grenens årringe. Andre årringe i grenen forsynes via andre spiraler (årringe) som er koblet til andre rødder.

Forestillingen om en entydig kobling mellem rod og gren er altså kun korrekt i ringporede træarter med meget lange ubrudte ledningsbaner (f.eks. eg) og med sektoriel hydrologisk arkitektur. Hos eg, ask,

ægte kastanje og elm kan vi derfor godt opleve at trækronen bliver tyndløvet eller død i én side hvis rødder eller stamme får ensidig skade. Det ses normalt ikke i yngre spredtporede arter.

Kommer an på grenene

Ingen træer har 100% integreret hydrologi overalt. I bunden af stammen er vandtransporten naturligvis tæt koblet til de enkelte rødder. Først et stykke op ad stammen kan der tales om fuld integration.

Også i træets krone opdeles vandstrømmen mellem grenene. Rent arkitektonisk splittes stammen op i en række større grene indtil stammen går helt i opløsning i grene. Det er derfor logisk at stammens vandtransport i nogen grad spaltes op i sektorer til de enkelte grene, men vi ved meget lidt om hvor tæt på grenens basis det sker.

I mangel af bedre taler førende plantefysiologer om at 'grenved' fortsætter ned i stammen (figur 6 rød farve) idet grenen lægger fuldt beslag på ledningsbanerne i

Figur 6. Vækstkraftige grene (uden grenkrave) lægger beslag på væsentlige dele af stammens ledningsbaner som kun forsyner grenen. Området i stammen under grenhæftet kaldes 'grenveddet i stammen'.



dette 'grenved' på stammen.

Begrebet 'integreret' vandtransport giver altså primært mening på strækninger af stamme og grene uden forgrening mens der omkring især store og stejle grene kan være tendens til sektoriel transport.

Svage grenes sulterender

I praksis ser vi i særlig grad effekten af sektoriel hydrologi når grenens vitalitet aftager, f.eks. ved skygge eller beskæring. I sådanne tilfælde dannes ofte 'sulterender'. De kan opstå både under og over svækkede grene eller grenstamme (figur 8 og 17). Fænomenet skyldes ikke at den svækkede gren snylter på stammens sukker. Fænomenet skyldes at grenen nu udnytter sit sektorielt beslaglagte stammeområde svagere end tidligere (eller slet ikke længere). Også sukkerforsyningen fra grenen til området svækkes eller falder bort. Især i spredtporede træarter med vandtransport dybt ind i stammen tager det mange år inden stammens transportsystemer overtager funktionen af det tidligere

'grenved' i stammen. Hvis det ikke lykkes for stammen i et vist omfang at overtage transportfunktionerne i det tidligere 'grenved', så dør dette område på stammen, og med tiden falder barken af (figur 8).

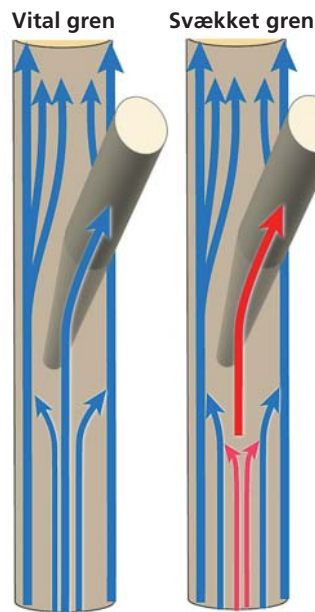
Årsagerne til sulterenderne er en udpræget sektoriel transport-topografi som leder både vand og sukker forbi gren og knast langs begge sider (figur 9).

Skaber sukkermangel

Den sektorielle vandtransport kan medføre at visse områder på stammen bliver underforsynet og får dårlig tilvækst. Se f.eks. sulterenden i figur 8 og 11. Sådanne områder er særlig udsatte for barkdød efter beskæring og tørke.

Her forstyrres vi i vores børnelærdom som lyder: Vand og næringssalte transporteres op ad i veddet og sukker transporteres nedad i barken. Hvordan kan nedsat vandtransport i veddet så få betydning for væksten i kambiet? Får kambiet da ikke sit sukker fra barkens sivæv (phloem)?

Her bliver vi nødt til at op-



Figur 9. Sektoriel hydrologi omkring en stejl gren i vital og i svækket tilstand.

datere vores børnelærdom med noget af det nyeste fra træbiologien. Mange videnskabelige arbejder har vist at sukker ikke bare transporteres nedad i barken, men også op ad via vandstrømmen i veddet. Der er en langt mere livlig udveksling af vand og sukker-

stoffer mellem ved og bark end vi er vant til at tænke.

Denne horisontale transport ind og ud mellem ved og bark finder sted i marvstrålerne som er bånd af parenkym der forløber horisontalt mellem bark og ved tværs over kambiet (orange pile i figur 12 og 13). Især hvad angår langdistance transport af sukker er det hensigtsmæssigt, for saftstrømmen i veddet er mange gange hurtigere end transporten i barkens sivæv. På den måde kan sukker fra oplagrede reserver i rod og stamme hurtigt med det opstigende vand bringes frem til at understøtte vækst i grene og blade.

De der arbejder med birkesaft og høst af ahornsirup som tappes fra den opadgående saftstrøm i stammen, har længe vidst at der er sukker i saftstrømmen, især om foråret. Men det er først for nyligt at transportintensiteten i marvstrålerne mellem bark og ved er grundigt belyst, og at denne horisontale transport er livlig både frem og tilbage.

Vi skal forstå at sukker og vand bevæger sig ret frit mel-

Figur 8. Sulterende i bøg under en brækket gren. Kambium og bark er dødt i sulterenden.



Figur 10. Grenkoblning med kopdannelse. Det er udtryk for sektorielle transportveje med underforsyning af kambiet i grenhjørnets bund.



Figur 11. Ældre bøg med sulterende under svækket gren med åbenlyst sektorielle vandtransportveje. Sulterenden følger hældningen på fibre og ledningsbaner og ender mellem to rodtæer. Sulterendens område på stammen er koblet dårligt op på forsyvende rødder, og den nedsatte vandforsyning til denne sektion af stammen forstærker sulterendens dybde og længde.

Figur 12. Tværsnit af en linderod til illustration af marvstrålernes kontinuum mellem ved og bark (gule pile). De hvidplettede 'nissehatte' er ældre sivæv omgivet af fibre.

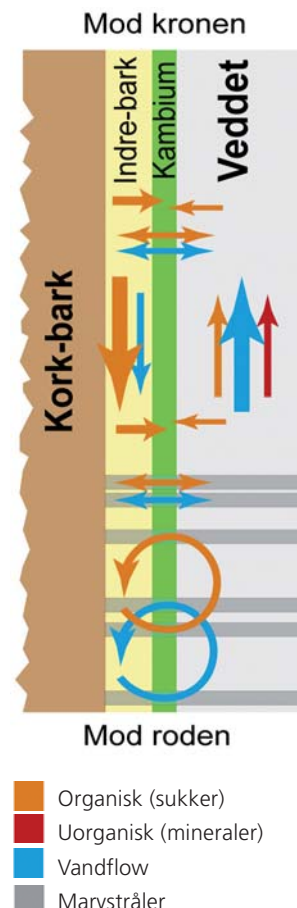
lem barkens og veddets ledningssystemer, phloem og xylem. Denne cirkulation betyder at vand- og sukkertransporten er meget tættere koblet end vi er vant til at tænke (figur 13).

Den tætte kobling af xylem og phloem betyder givetvis at en svækket vandforsyning og så medfører en svækket sukkertilførsel. Og omvendt. Det betyder også at sektorielt variabelt forsynet kambium giver uregelmæssig vækst.

Stammetilvækst varierer

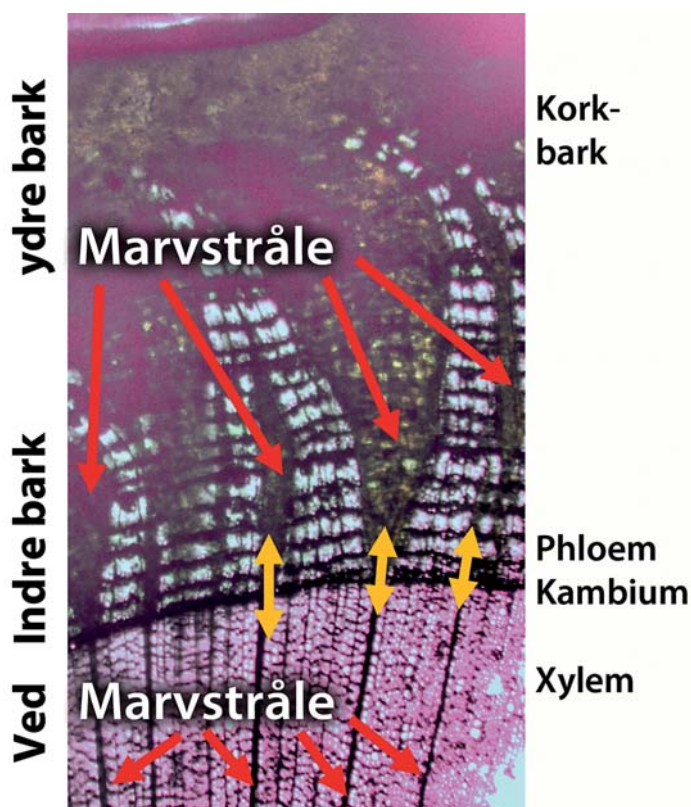
Denne viden forklarer hvorfor nogle dele af stammen vokser langsomt eller slet ikke mens der i områder med god tilvækst dannes udposninger, de såkaldte valker (figur 14). Det skyldes at transportvejene er sektorielle med henholdsvis godt og dårligt forsynede områder. En sådan variation i stammens tykkelsesvækst er der ikke et dansk ord for. Tysskerne siger 'Spannrückigkeit'.

Figur 14 viser stammen af en avnbøg med kraftigt sektorielle transportveje. I bunden af furerne er tilvæksten meget



Figur 13. Sukkerstoffer transporteres både i barken phloem (sivæv) og i stammens vandtransport-system. Sukker og vand transporteres horisontalt via marvstrålerne.

Figur 14. Stammer fra en avnbøg med meget udtalte valker (udposninger) på stammen. En valke dannes på områder med høj vandtransport og høj tilvækst. Furer eller sulterender imellem valkerne har dårlig vandforsyning og svag tilvækst.



lav, i tørkeår fraværende, og væksten ligger ude i de enkelte valker. Lignende fænomener ser vi meget artsspecifikt hos robinie, ældre taks og kinesisk vandgran.

Sektoriel transport kan dog også udvikles som følge af dårlige vækstbetingelser (figur 15). Vi ser også generelt at spredtporede træarter som i ungdommen har en udpræget integreret vandtransport, udvikler kraftig sektorielle valker når de bliver ældre. Det ses f.eks. hos bøg, hestekastanje, lind og poppel.

Risiko for barkdød

Sektoriel opdeling af stammen giver risiko for barkdød. Vi ser desværre ofte at akut stress (varme, tørke) medfører kambialdød (nekrose) i de svagt forsynede furer og sulterender på stammen. Det har gennem

en årrække været meget udtalt hos hestekastanje (figur 16) og det vil på den lange bane reducere sådanne træers restlevetid.

Sulterender under grene bliver mere udtalte (eller udvikler sig kun) når grenens vandforsyning sektorielt ender mellem to hovedrødder (figur 11). Grenen sidder i så fald på et uheldigt sted på stammen som tidligere har været forsynet via integreret vandtransport, men nu er svækket på grund af sektoriel vandtransport som fører forbi grenen.

Ikke mindst i forbindelse med grene og knaster med stærk sektoriel vandforsyning er der forhøjet risiko for dødt kambium efter beskæring, tørke eller varme. Figur 17 viser hvordan en (forkert sat) gammel grenstab i ask under tørken i 2018 helt blokerede for vandtransport til stammen oven for knasten. En nekrotisk trekant er nu ved at blive overvokset af kallus fra siderne.

Figur 18 viser resultatet efter beskæring af en alt for stor lav gren i en landevejspoppel. Det lykkedes ikke for stammens transportveje i tide at overtage forsyningen af kambiet i stammens tidligere 'grenved'.

Kan angribes af svampe

Ikke sjældent ser vi dybe furer i stammer med indgroet bark. Det kan skyldes sektoriel vandtransport og voldsom vækst i valker i forlængelse af rodudløbene. Men meget tyder på at de dybe furer kan skabes af patogener angreb på små grene og knaster. Det er almindelig kendt at flere svampearter,



Figur 17. Barkdød ovenfor en forkert efterladt grenstab på grund af svagt kambium i ask. Nekrose opstået i tørkeåret 2018.

især *Neonectria*, angriber kambiet omkring grenbasis. Under tiden giver det større kræftsår, men noget tyder på at det også blot kan hindre kambiet i at danne sår vold (kallus) hen over en død knast.

Endvidere lader det til at patogenet kan spredes vertikalt i barkens sivæv og udløse lange, smalle, vertikale nekroser. Stammen lukker sig derefter om disse nekroser med indgroet bark i stedet for at skabe et sammenhængende kambium

gennem kallusvækst (figur 19).

Vi ser meget ofte frugtlegemer fra patogener vokse ud via sådanne furer når de er aktive centralt i stammen (figur 20). Det vides ikke om disse patogener også har fundet indgang via disse furer med indgroet bark.

Praktisk træpleje

Det er vigtigt at kunne diagnosticere variationer i kambiets vitalitet på stammen. Det er både vigtigt når risikotræer

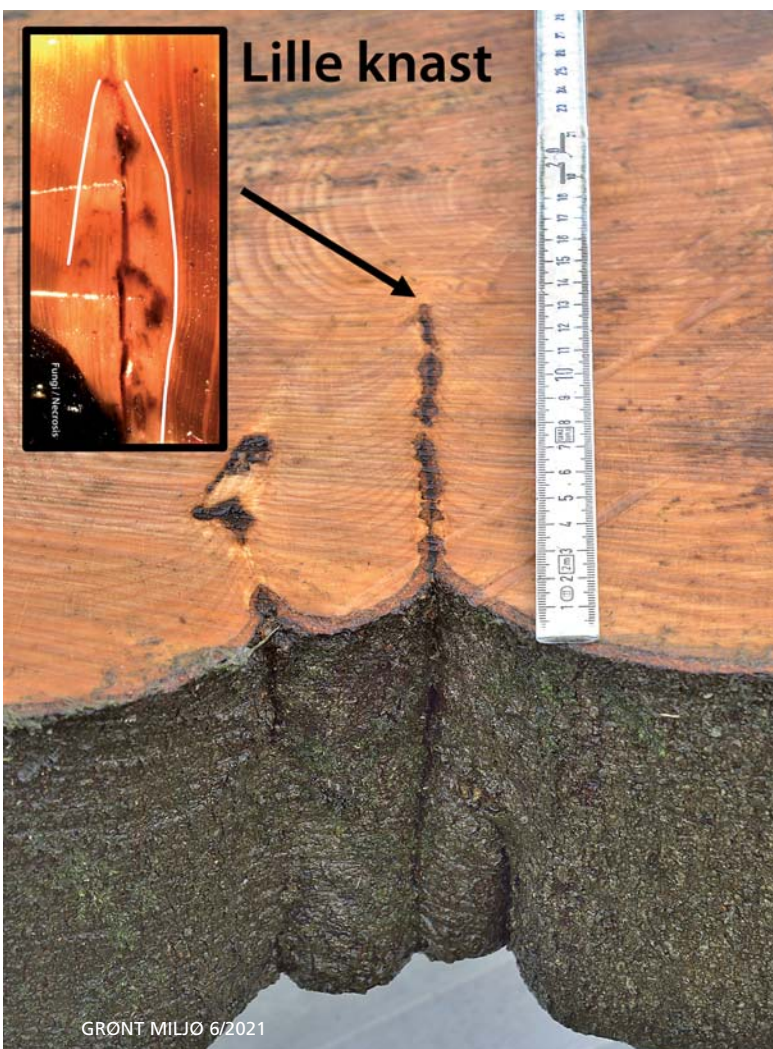


Figur 16. Kraftig udvikling af valker og furer på en hestekastanje. Bemærk nekrotiske pletter og områder.



Figur 18. Kraftig barkdød under en afskåret gren i landevejspoppel på grund af sektoriel vandtransport.

Figur 19. Tværsnit af bøgestamme med furer med indgroet bark efter patogen angreb på en meget lille gren eller knast for mange år siden.



Figur 20. Udsnit af bøgestamme med furer i stammen ved jordoverfladen. Bemærk frugtleger af Meripilus og Ganoderma.

skal vurderes, og når man skal forvalte gamle bevaringsværdige træer. Områder med dårlig forsyning (svage transportveje) vil have vanskeligere ved at indkapsle råd og lukke sår.

Jo stærkere tendens til sektorielle transportveje, jo større bliver behovet for en eventuel revitalisering af træet. Men også i forbindelse med beskæring af gamle træer er det afgørende at kunne tage bestik af den forventede kallusvækst og sårlukning.

Er grenen fuldt sektorielt opkoblet på en valke? I så fald er der større risiko for at kambiet på valken dør efter en beskæring. Sidder grenen på et 'jævnt' sted på stammen med integreret hydrologi, er der større sandsynlighed for god kallusvækst. Sidder grenen på indersiden af en tvege eller et grenhjørne, vil kallus antageligt blive svag fordi vandtransporten er svagere i tvegebunde og grenhjørner. Grene som vil blive beskyttet bør reduceres eller fjernes inden der opstår kraftig sektoriel hydrologi omkring grenbasis. Det mindsker risikoen for nekroser på stammen. Ikke mindst er

det vigtigt at være opmærksom på bunden i grenhjørner og tvegebunde hvor kambiet kan være særlig stærkt svækket af de sektorielle transportveje. Det optræder f.eks. ved den såkaldte kopdannelse hvor der samler sig vand i hjørnet (figur 10).

Hvor der opstår grenhjørner med svækket kambium på grund af stærkt sektorielle transportveje, kan der hverken forventes kallusvækst eller effektiv barriere dannelse efter beskæring. Det kan kun modvirkes gennem rettidig fjernelse af grene som er på vej til at blive beskyttet eller svækket i bunden af kronen.

Emnet kræver en del træning i forståelsen af træets transportveje. Især omkring rodudløbene er tolkningen vanskelig fordi de hydrologiske overlapper de biomekaniske tilpasningsmekanismer. Emnet behandles indgående i forfatterens kommende bog om beskæringsbiologi. □

SKRIBENT
Christian Nørgård Nielsen er dr.agro.,
cand.silv. og træfaglig rådgiver i
Skovbykon.