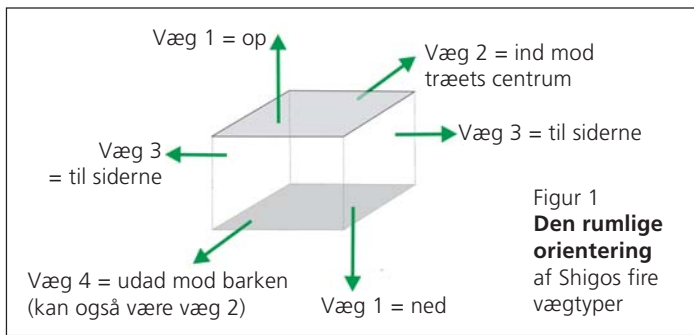


Det er over 25 år siden at Grønt Miljø første gang skrev om den 'nye' videnskabeligt funderede træpleje, primært med udgangspunkt i Alex Shigos forskning. Siden er den praktiske træpleje lagt fuldstændigt om.

I en artikelrække af Christian Nørgaard Nielsen samler vi op på forskningens resultater. I første omgang om sårreaktioner og i denne artikel om den anatomiske og fysiologiske basis for indkapsling af råd. Hvordan laver træet disse barrierer?



Sådan kapsler træet råddet ind

Sårreaktionen har et anatomisk og fysiologisk grundlag der er bredere end CODIT-modellen

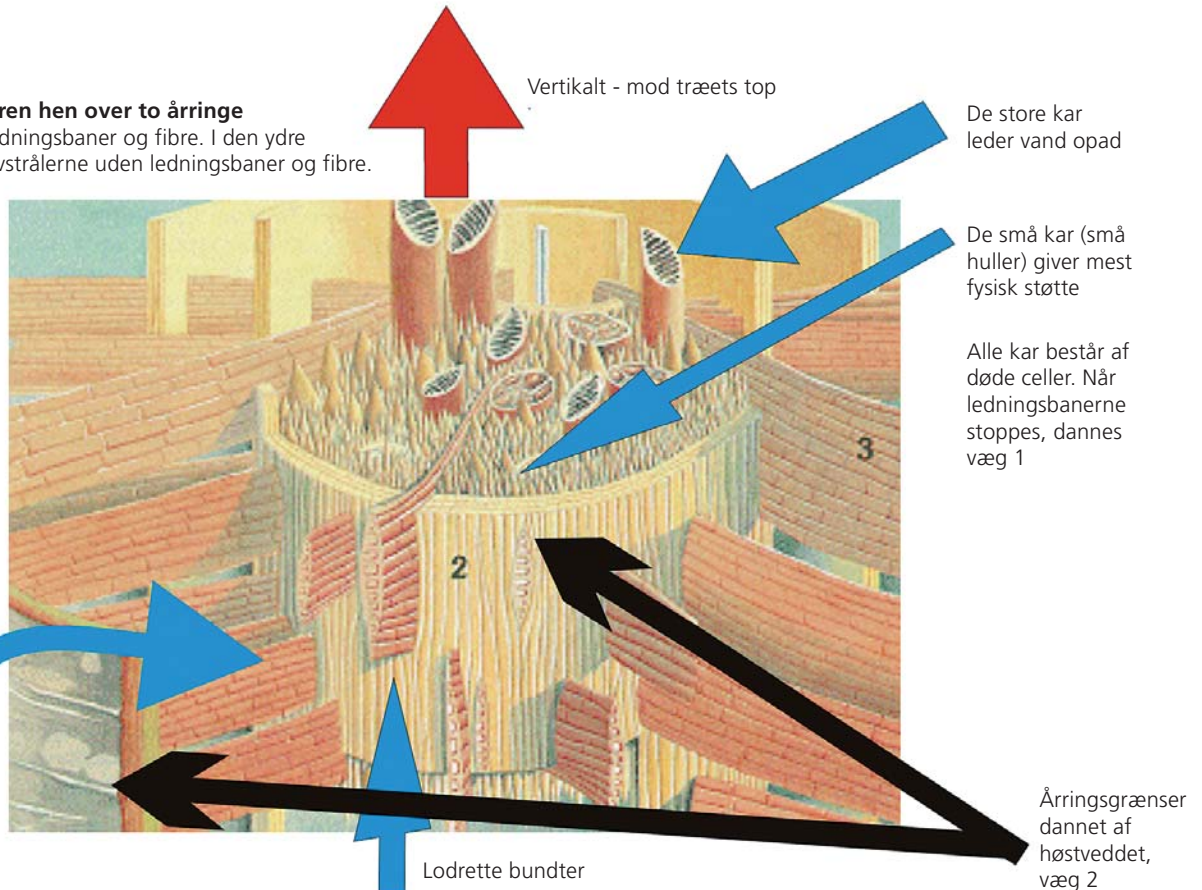
Af Christian Nørgaard Nielsen

Figur 2. **Vedstrukturen hen over to årringe**

I den indeste vises ledningsbaner og fibre. I den ydre årring vises kun marvstrålerne uden ledningsbaner og fibre.

Marvstrålerne består af levende parenkymceller. De ses som plader (spejl) i snit på tværs af årringene eller som lodrette bundter parallelt med barken. Marvstrålerne er basis i væg 3

Plader (spejl)



Alex Shigos model for indkapsling af sår i træer er efterhånden kendt stof i dansk træpleje. Undertiden bruges forkortelsen 'CODIT' (Compartmentalization of Decay in Trees) idet compartment betyder rum. Vi har lært at sætte vores lid til træets egen evne til at skabe vægge og barrierer for patogenernes udbredelse i veddet.

Shigo arbejdede med fire typer 'vægge' i træets forsvar:

■ Vægtype 1 er en barriere for svampens udbredelse opad og nedad i stammen.

■ Vægtype 2 er barrierer i det radiale plan, det vil sige indad mod stammens centrum og eventuelt udad mod barken.

■ Vægtype 3 er en afgrænsning af angrebet i tangential retning, dvs. til siderne i samme retning som årringene.

■ Vægtype 4 er en afgrænsning af rådangrebet ind mod det nye ved som dannes udenfor det rådangrebne område, efter at råddet har etableret sig. Det mest almindelige eksempel på vægtype 4 er den barriere som dannes i kallusved hen over såret udadtil, men vægtype 4 kan også være i andre retninger.

Vægtypenes rumlige orientering er vist i figur 1. Styrken i barriererne tiltager fra vægtype 1 mod type 4. Sagt på en anden måde: Træets evne til at bremse rådangrebet er svag

gest op- og nedadtil, intermedært indad og til siden og stærkest ud mod det nydannede ved.

Vægtype 1

Træets vanskeligste opgave er at hindre råddets udbredelse opad og nedad i stammen. Det skyldes at svampens hyfer forholdsvis let kan brede sig i træets ledningsbaner ('kar' i løvtræ og 'tracheider' i nåltræ). Se de store vertikale kar i figur 2 og 3.

Men dels har træet porer i overgangen mellem de enkelte karceller, dels forsøger træet at lukke disse porer med giftige vokslignende stoffer. De biokemiske stoffer som

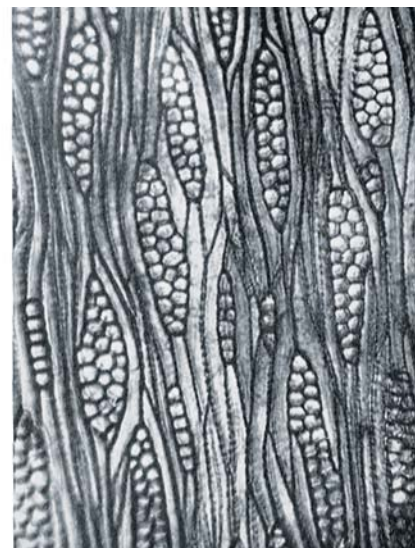
ledningsbanerne fyldes med, leveres af de levende parenkymceller i marvstrålerne.

Vægtype 3

Figur 2 og 3 illustrerer også basis for vægtype 3 idet den dannes af træets marvstråler. Marvstrålerne består af levende parenkymceller som således meget let kan omdanne sig selv til en 'svampegiftig' væg. Figur 4 viser et tangentialt snit (dvs. langs med årringene og parallelt med barken) af veddet i henholdsvis skovfyr (venstre) og ask (højre). Det ses hvordan marvstrålerne er organiseret meget forskelligt i forskellige træarter. Nogle træarter har forholdsvis meget



En ask i et fortov har fået en del knubs. Halvdelen af kronen mangler beløvning.



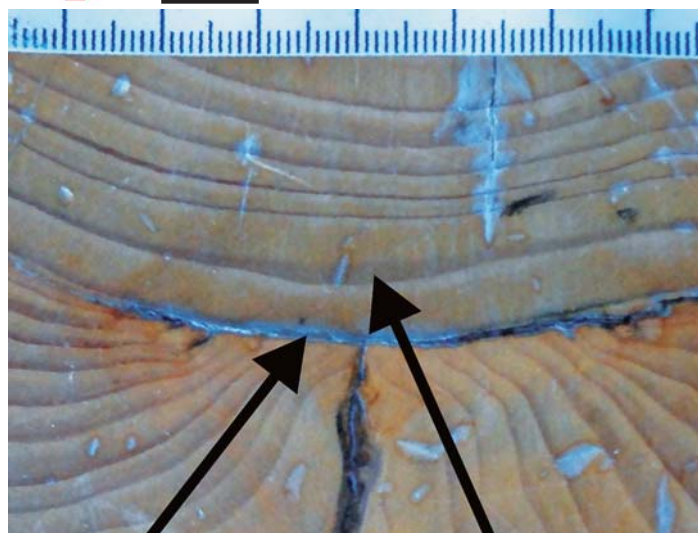
Figur 4. **Tangentialt snit af veddet**

Skovfyr til venstre og ask til højre. Bemærk de forskellige marvstråler.

Ind mod centrum i træet



1 cm



Gammelt barksår

Årringens høstved er ring 2. Den forstærkes her på grund af såringen

Figur 5. **Årringsforløbet før og efter et barksår i rødgran**

De mørke striber er høstveddet som adskiller de enkelte årringe, og som er en vigtig bestanddel af Shigos væg type 2.

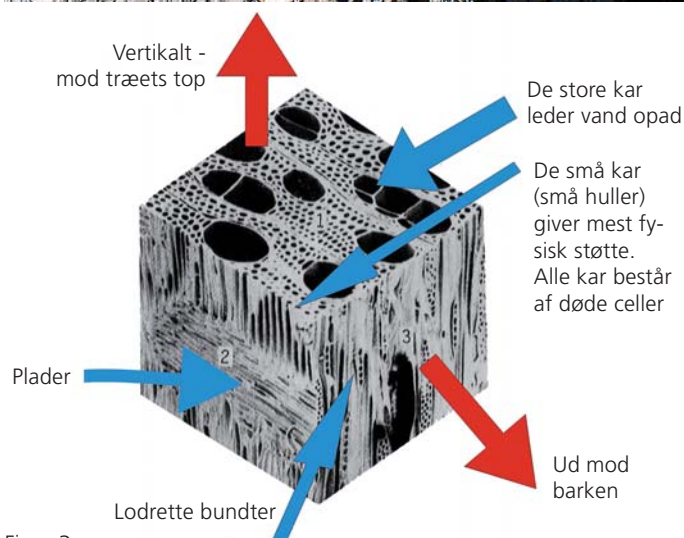
parenkymvæv (f.eks. lind). Andre arter har meget mindre 'symplast' (levende væv). det gælder f.eks. fyr og gran. En høj forekomst af symplast er vigtig for et effektivt forsvar mod angribende organismer.

Vægtype 2

Væggene indad mod træets kerne (og undertiden også udad) består i første omgang af årringenes høstved. Indenfor den enkelte årring dannes generelt løsere ved med mange og/eller tykke ledningsbaner i forår og sommer, men sidst på sommeren dannes kun meget tynde fibre med tykke og stærkt lignificerede vægge. Høstveddet ses som de mørke

årringsgrænser (figur 5). Dette 'høstved' har særlig stor mekanisk styrke, men udgør også en særlig kraftig barriere for patogeners udbredelse. Som det ses på figur 5 kan materiale fra parenkymceller tilføres til yderligere forstærkning af høstveddet ved sårning.

Væggene/barriererne 1, 2 og 3 baserer alle på strukturer, som blev skabt under 'normale' forhold uden angreb af patogener. Derfor er strukturerne (bortset fra marvstrålerne) heller ikke 100% optimerede til at indkapsle et angreb. Hverken ledningsbanerne eller årringsafslutningen er i første omgang dannet til dette formål. Uanset retning vil der og-

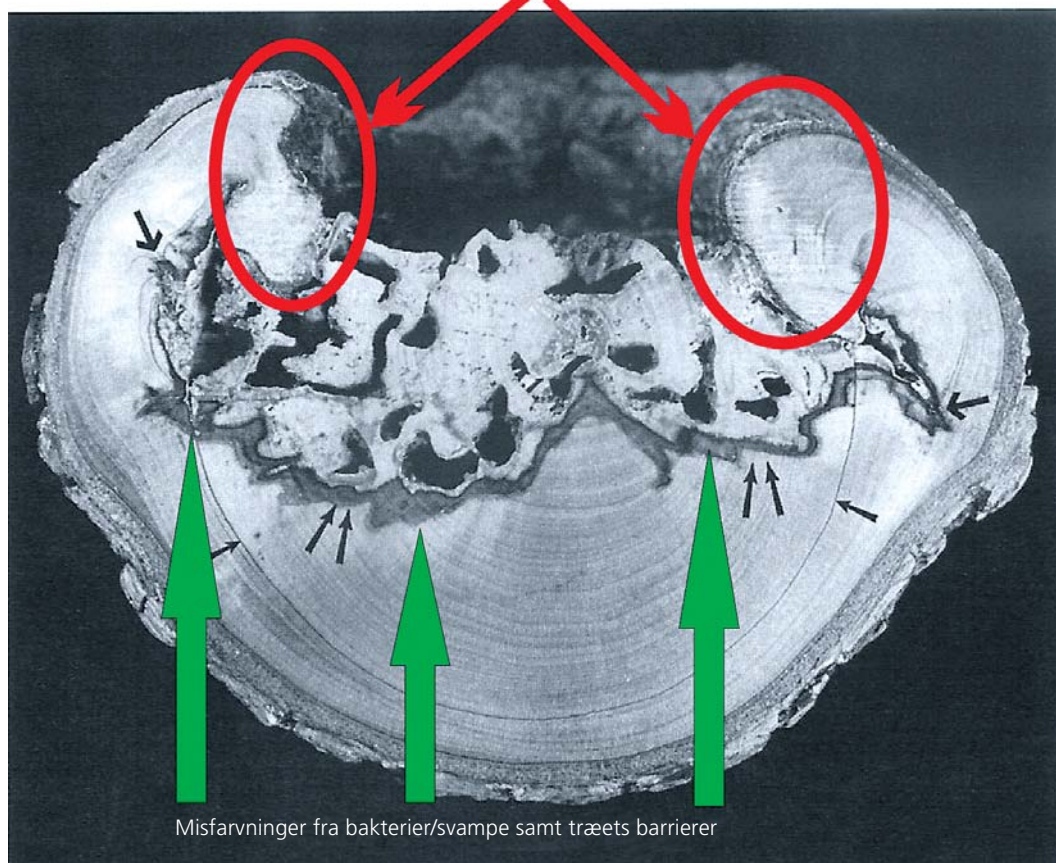


Figur 3

Vedstrukturen i en terning taget ud midt i en årring

Man ser altså ikke årringsafslutningerne (= høstveddet). Marvstrålerne består af levende parenkymceller. De ses som plader (spejl) i snit på tværs af årringene eller som lodrette bundter parallelt med barken.

Væg nr. 4 dannes af nyt ved rundt om det rådne ved



Figur 6. Et stammetværsnit med et stort barksår. Kallus-væksten hen over såret indeholder også den meget stærke væg type 4 (røde cirkler) som er meget modstandsdygtige over for patogenerne.

så ofte dannes barrierer ved at cellerne imprægneres med garvestoffer og voksstoffer op imod det angrebne område (se figur 6, grøn pil). Det er parenkymcellerne som leverer materiale og energi til dannelse af disse barrierer.

Vægtype 4

Derimod er vægtype 4 skabt i nyt ved som dannes i patogenens nærvær. Derfor kan træet, mens vedcellerne skabes (celledeling, cellestrækning, celledifferentiering), optimalt indbygge forsvar mod patogenen. Sådant nyt ved som dannes af cambiet (ofte kallus fra sårranden af cambiet), forsøger ofte at overvokse det angrebne område og omslutte det med nyt modstandskraftigt ved (se figur 6).

Styrken i væggene

Som forklaret er styrken af vægtype 4 absolut den stærkeste. Vægtype 1 (vertikalt) er den svageste fordi det er forholdsvis let for patogenen at sprede sig gennem ledningsstrengene. Vægtype 2 (indad) består som udgangspunkt kun af årringens høstved som er

særlig tæt og hårdt, men til gengæld ikke særlig tykt og effektivt. Vægtype 2 er derfor heller ikke særlig stærk. Vægtype 3 (til siden) er som udgangspunkt effektiv hvis veddet er rigt på marvstråler, men man må også huske at marvstrålerne ikke hænger sammen men er spredte i bundter.

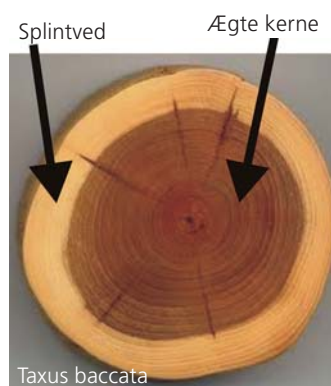
Ægte kerne eller ej

CODIT-modellen er stadig helt central, men ikke tilstrækkelig. CODIT beskæftiger sig primært med det 'levende' ved som er levende fordi det indeholder marvstråler med levende parenkymceller. Parenkymceller kan populært betragtes som en slags levende stamceller blandt døde vedceller fordi de kan omformes til mange forskellige funktioner. Men har alt ved nu levende marvstråler? Slet ikke.

En række arter danner med alderen en 'ægte' kerne. I takt med at det levende parenkymvæv i kernen dør, sker der to ting: dels en lukning af ledningsbanerne ved at de fyldes med 'propper' (tyller), dels en 'imprægnering' af cellevæggene med garvesyre og fenolhol-

dige stoffer. Herved farves kernen rødlig til brunlig. Ofte, men slet ikke altid, følger kernen en årringsgrænse. Nogle arter har en bred 'splintved' udenom kernen. Andre arter (f.eks. robinie) har kun 2-5 levende årringe uden om kernen. Eksempel på arter med ægte kerne er eg, robinie, fyr, lærk og douglasgran.

Er det en fordel med en ægte kerne? Det er svært at sige. På den ene side nedbrydes kerneveddet meget langsomt end det yderste vandledende splintved. På den anden side mangler kerneveddet det levende parenkym som muliggør opbyggelse af akutte aktive barrierer.



Andre arter danner aldrig en ægte kerne. Hertil hører arter som bøg, lind, ahorn, poppel, rødgran, ædelgran, æble og pære. Det forhindrer ikke at de f.eks. kan få en misfarvet 'rødkerne', men det er kun en farvning af veddet, ikke en egentlig 'imprægnering'. Disse arter har levende parenkym i hele stammens tværsnit.

Er det en fordel? Både og. For nok kan det centrale parenkym arbejde aktivt, men det antages at parenkymvævet vitalitet tiltager fra marven ud mod barken. Endvidere belaster det træets kulstofbalance når så meget parenkymvæv skal holdes i live (vedligeholdelsesrespiration).

De fleste nåletræer har harpikskanaler. Nogle løvtræer, f.eks. særligt udtalt i kirsebær, danner flydende gummi. Disse sårvesker er stærkt aktive i at hindre patogener i at få fodfæste i sådanne arter. Ud over de standardmæssigt dannede harpikskanaler kan mange arter også ad hoc skabe nye harpikskanaler når der opstår sår. Det må antages at harpiks og gummi kan bidrage til træets indkapsling af råd.

Indkapslingens effektivitet

Om det lykkes træet at indkapsle patogenerne i et sår eller ej afhænger af mange forhold. Frem for alt afhænger det af sårets størrelse. Dernæst af træets almene vitalitet og patogenets natur. Et ungt træ har - alt andet lige - større chancer end et gammelt træ.

Større sår i gamle træer har desværre en tendens til at brede sig og hastigheden afhænger ganske meget af de involverede svampe. Nogle træer kan leve godt og længe med en hul stamme, hvor kernen er rådnet væk (f.eks. eg og lind), mens andre træer degenererer hurtigere når først kernen er angrebet (f.eks. bøg).

Både Skov & Landskab og forfatteren kan hjælpe træejere med at undersøge rådets udbredelse inde i stammen med en nondestruktiv impulstomograf. □

SKRIBENT

Christian Nørgård Nielsen er forstikandidat og dr.agro. Han har i mange år forsket i træer og skovens økologi på Skov & Landskab, Københavns Universitet, og har nu eget rådgivende firma, SkovByKon. www.skovbykon.dk.