

Puusolut ja solukot



Puu-19.210 Puun rakenne ja kemia
2007

Henna Sundqvist, VTT

Luennon oppimistavoitteet

- Osaat nimetä ja tunnistaa puun eri osat
- Tunnistat havupuiden ja lehtipuiden pääsolutyypit.
- Tiedät, mitkä ovat puusolujen tehtävät.
- Tiedät, missä osin puuta nesteet kulkevat ja mikä merkitys puun huokosilla on nesteiden kuljetukseen.

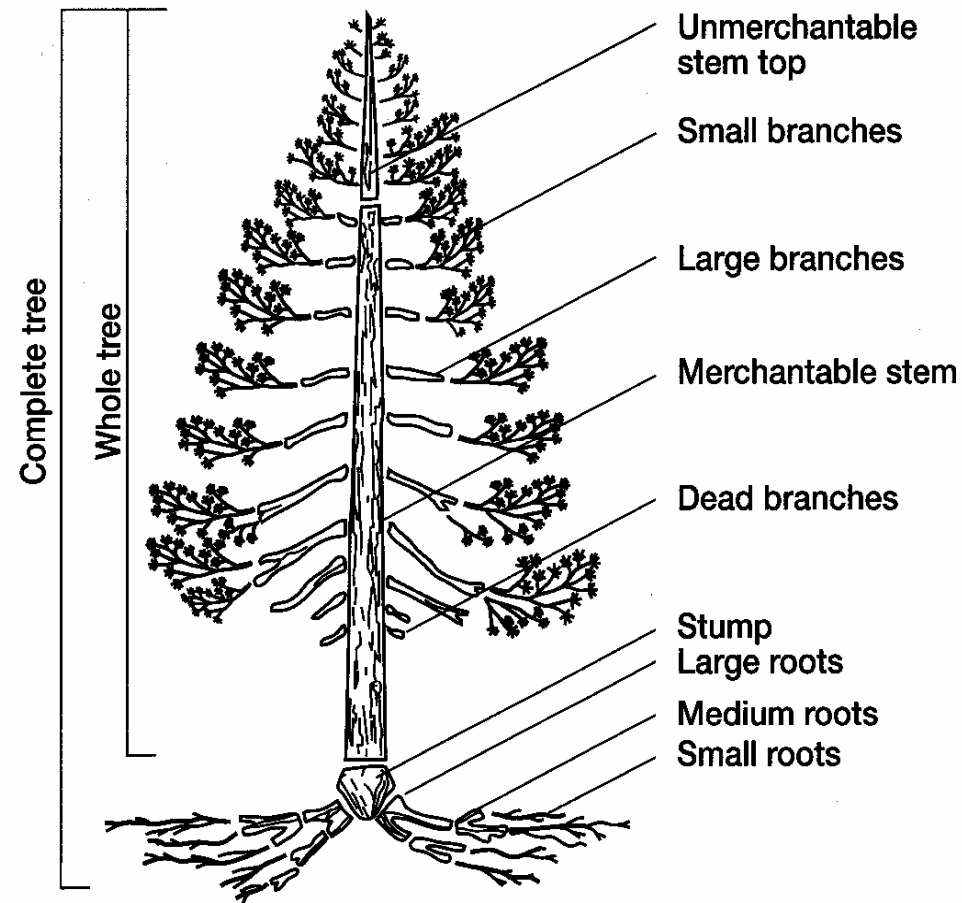
Luentorunko

- Puun ja rungon rakenne
- Puusolut
 - Havupuusolut
 - Lehtipuusolut
- Nesteiden kuljetus ja soluseinän huokokset

PUU

- ❑ **Lehtipuut** (hardwoods, deciduous trees, angiosperms) ja **havupuut** (softwoods, conifers, gymnosperms).
- ❑ runko (stem)
- ❑ latva (top)
- ❑ oksat (branches)
- ❑ juuret (roots)
- ❑ kuori (bark) ja
- ❑ lehdet (foliage)

- ❑ kuoritulla rungolla on taloudellista arvoa



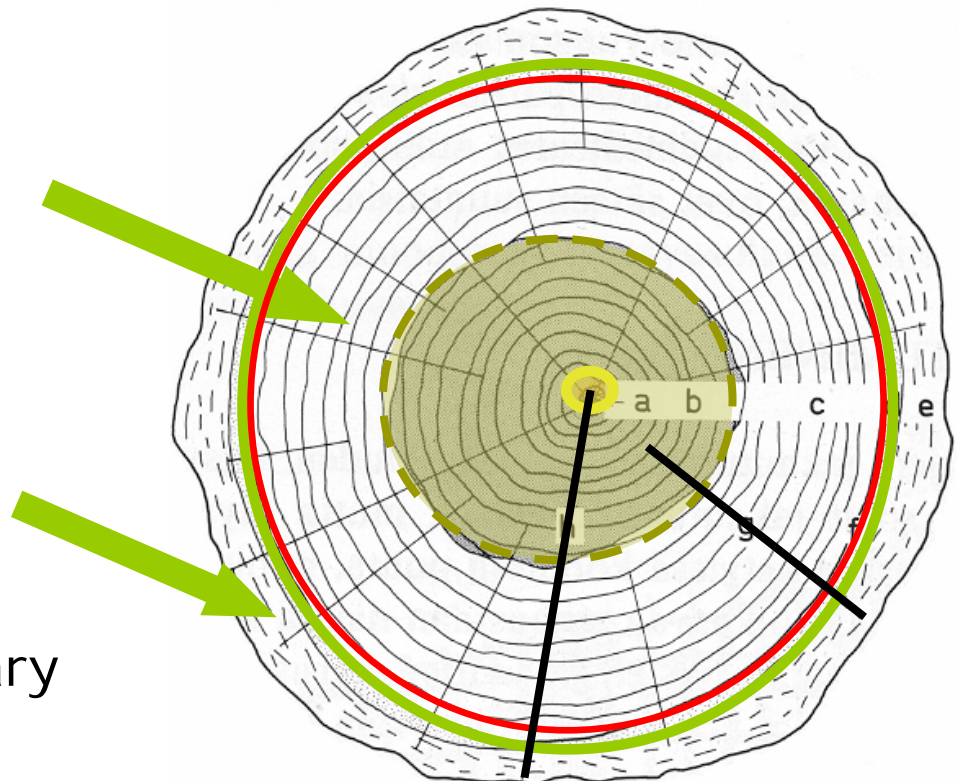
PUU – osien tehtävät

- Latvusto
 - Yhteyttäminen
- Runko
 - Tuki
 - Varastointi
 - Kuljetus
- Juuret
 - Ravinteet, vesi
 - Kiinnittyminen maahan
- Puu koostuu eri tehtäviin erikoistuneista soluista ja solukoista

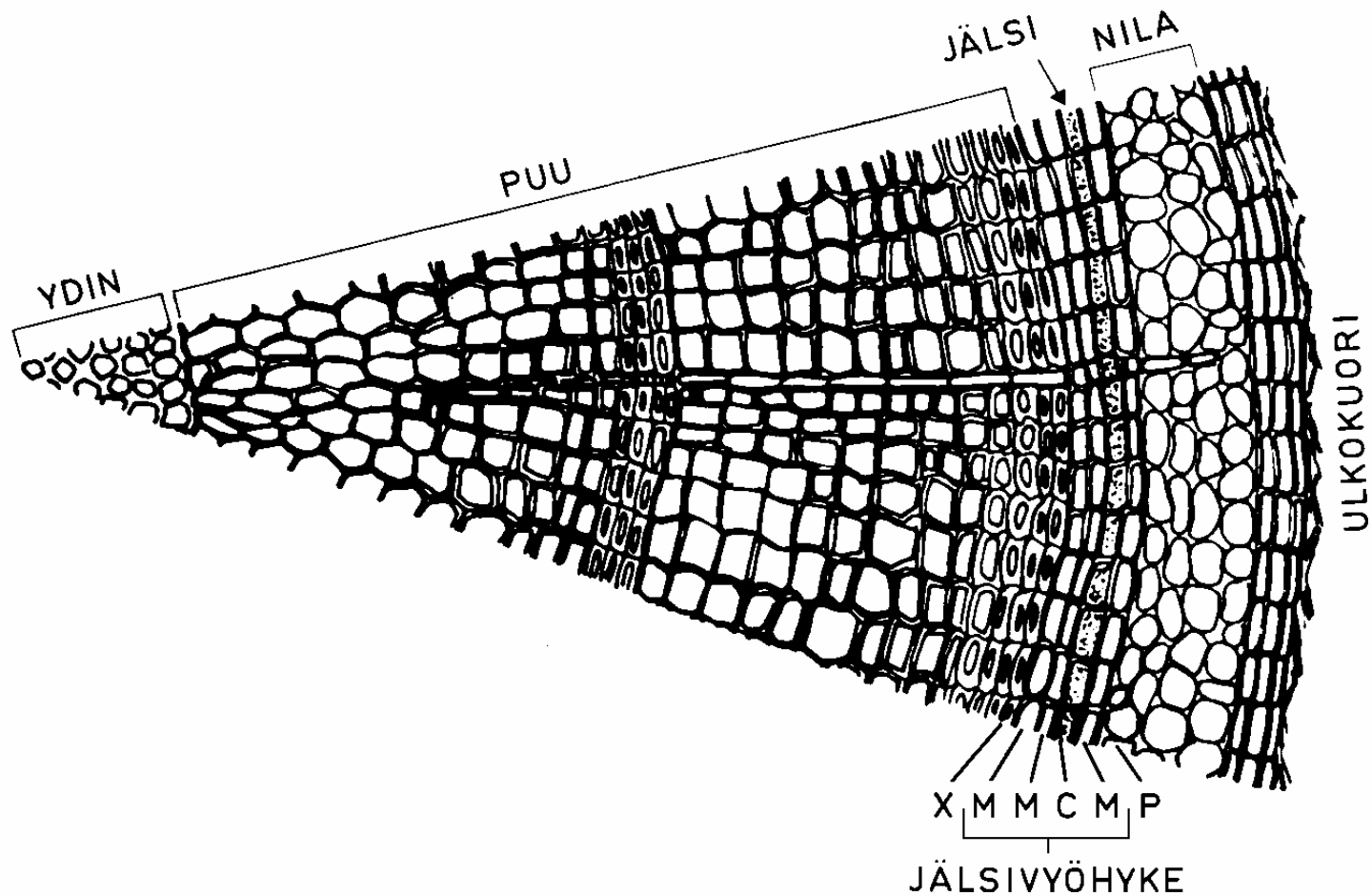


RUNGON RAKENNE 1/2

- a. Ydin (pith)
 - b. Sydänpuu (heartwood)
 - c. Pintapuuta (sapwood)
 - d. Sisäkuori eli nila (inner bark or phloem)
 - e. Ulkokuori eli kaarna (outer bark or cork)
 - f. Jälsi (cambium)
 - g. Sekundäärinen säde (secondary ray)
 - h. Primäärinen säde (primary ray)
- b + c = puuaines I. ksyleemi
d + e = kuori
g + h = ydinsäteet

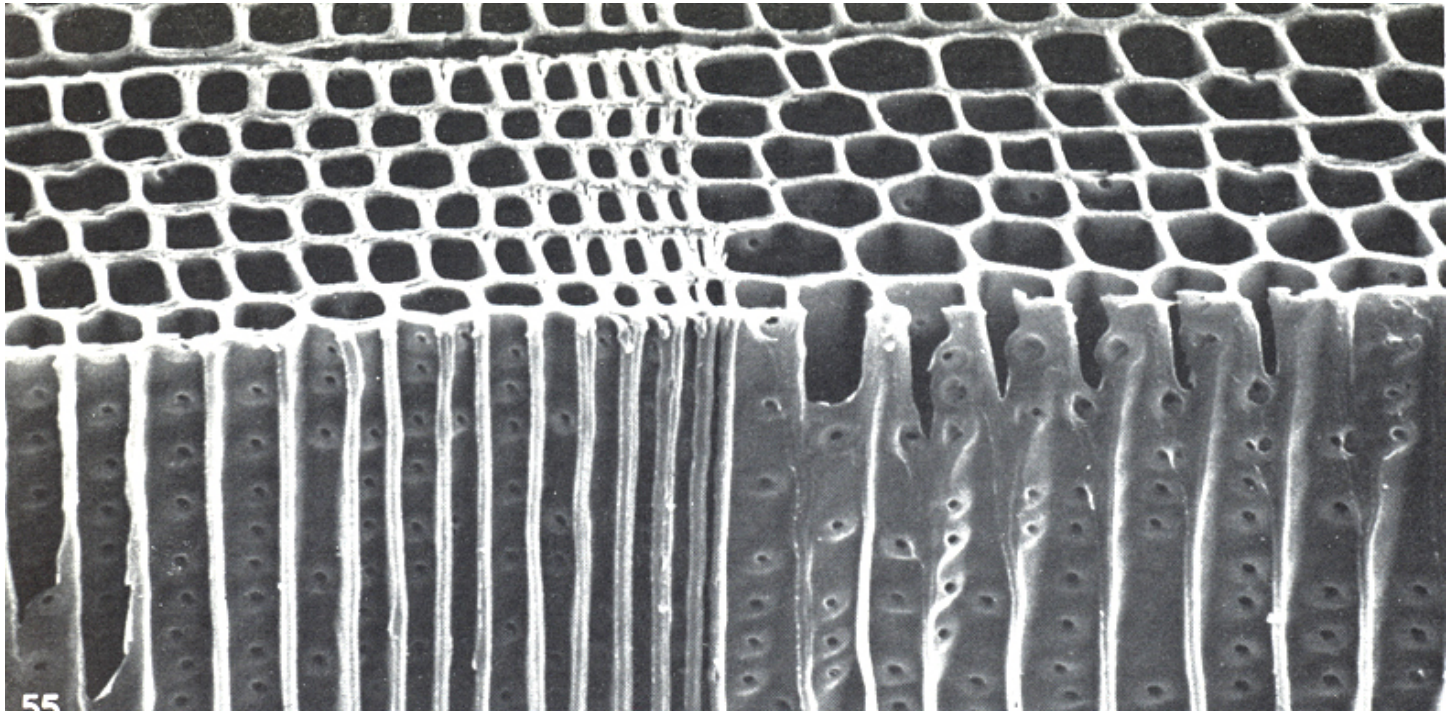


RUNGON RAKENNE 2/2



VUOSILUSTO

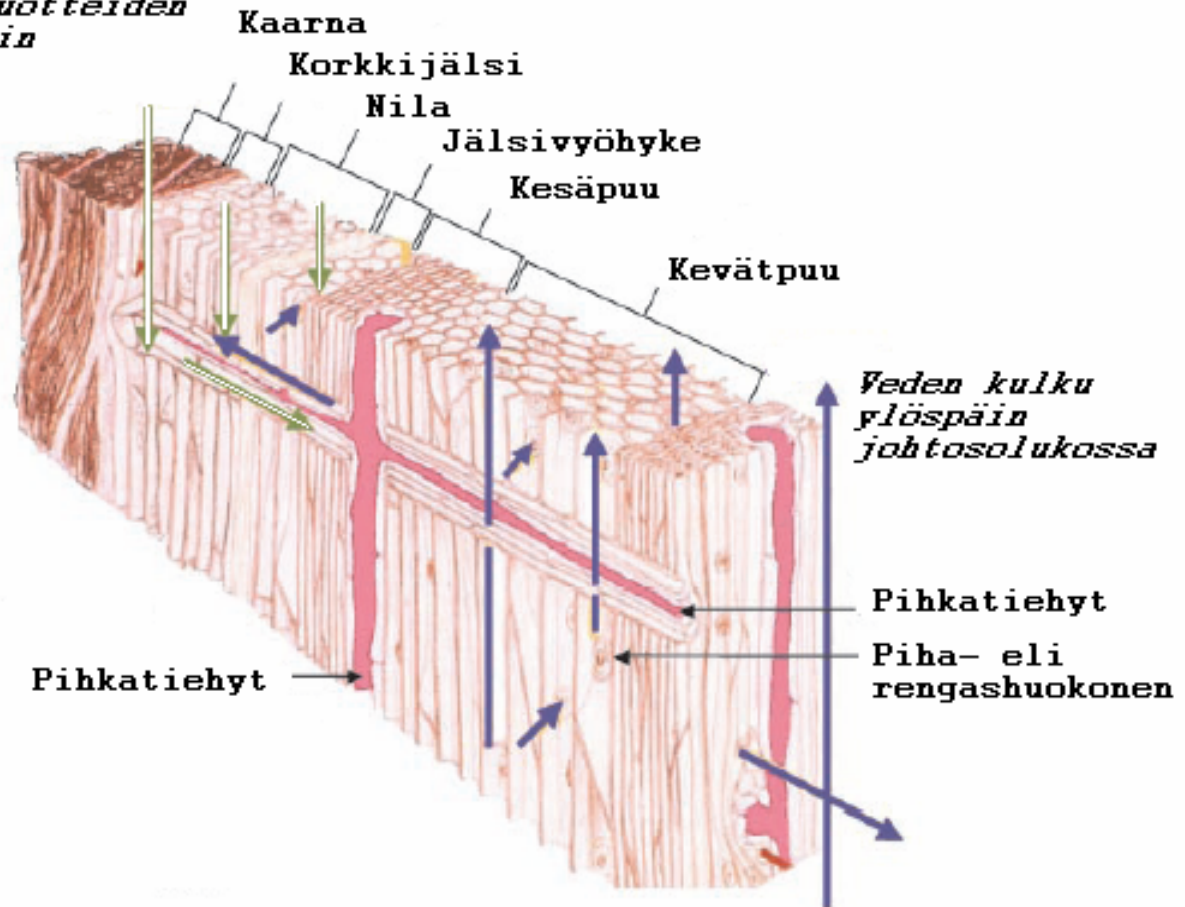
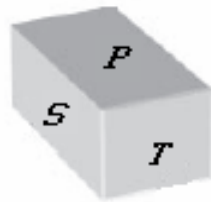
Kevät- ja kesäpuu



- Kevät- ja kesäpuun rajapinta. Huomaa erot ontelon suuruudessa.

PUUN ELINTOIMINNOT

*Yhteyttämisuotteiden
kulku alaspäin
nilassa*



YHTEENVETO

Rungon rakenne

- Puun poikkileikkeessä nähdään ydin, puuosa, jälsi, nila, kuori ja ydinsäteet.
- Puuosassa erottuu sydänpuu ja pintapuuta sekä vuosirenkaat.
- Keväällä muodostunut solukko on erilainen kesällä muodostuneeseen solukkaan verrattuna.
- Uutta solukkoa muodostuu jälleen toiminnan johdosta, ja siitä seuraa puun paksuuskasvu.

Luentorunko

- Puun ja rungon rakenne
- Puusolut
 - Havupuusolut
 - Lehtipuusolut
- Nesteiden kuljetus ja soluseinän huokoset

PUUSOLUT

- ❑ Puu koostuu eri kokoisista ja muotoisista soluista.
- ❑ Solujen päärooli on kuljettaa nesteitä, toimia varastoina ja antaa puulle tukea.
- ❑ Nesteitä kuljettavat ja puuta tukevat solut ovat kuolleita, jotka ovat täyttyneet vedellä tai ilmalla.
- ❑ Varastosolut ovat ohutseinäisiä soluja, jotka kuljettavat nesteitä ja varastoivat ravintoaineita.

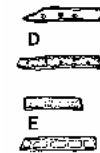
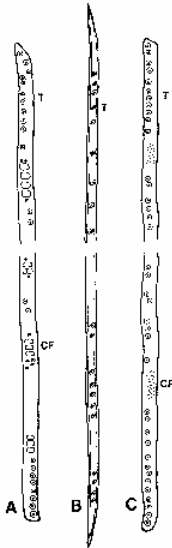
PUUSOLUT

- solutyypit

PROSENKYYMISOLUT
eli
SUIPPUSOLUT

PARENKYYMISOLUT
eli
TYLPPYSOLUT

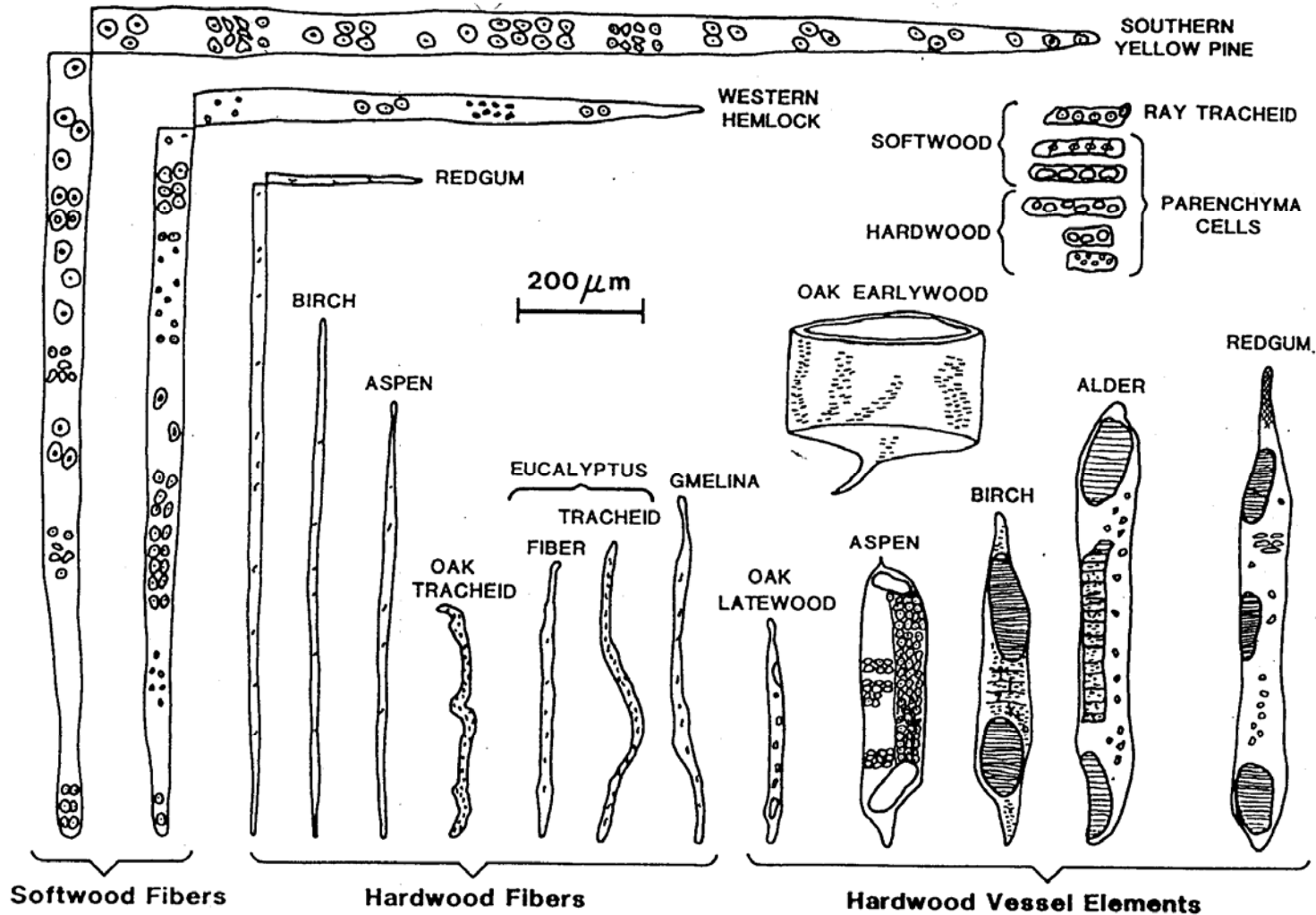
MUUT SOLUT



- Varastosolukko –
ravintoaineiden varastointi

- Tukisolukko –mekaaninen tuki
- Johtosolukko – nesteiden kuljetus

PUUSOLUT





Western hemlock

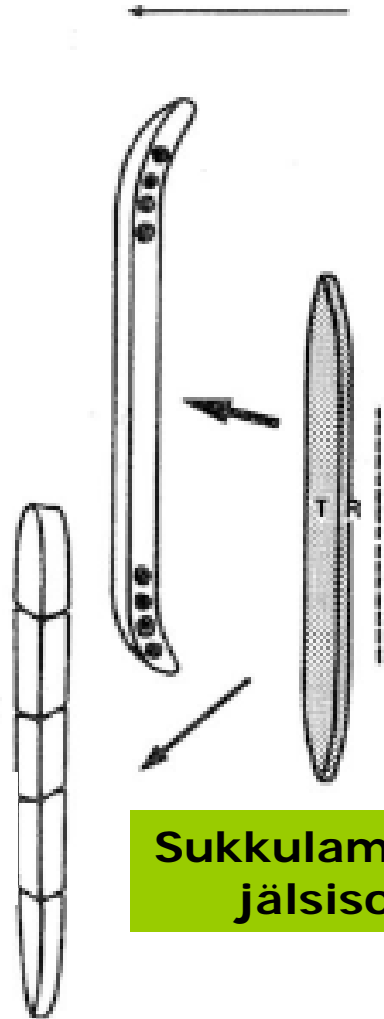


Gmelina



Redgum

HAVUPUUT



Sukkulamainen jälsisolu

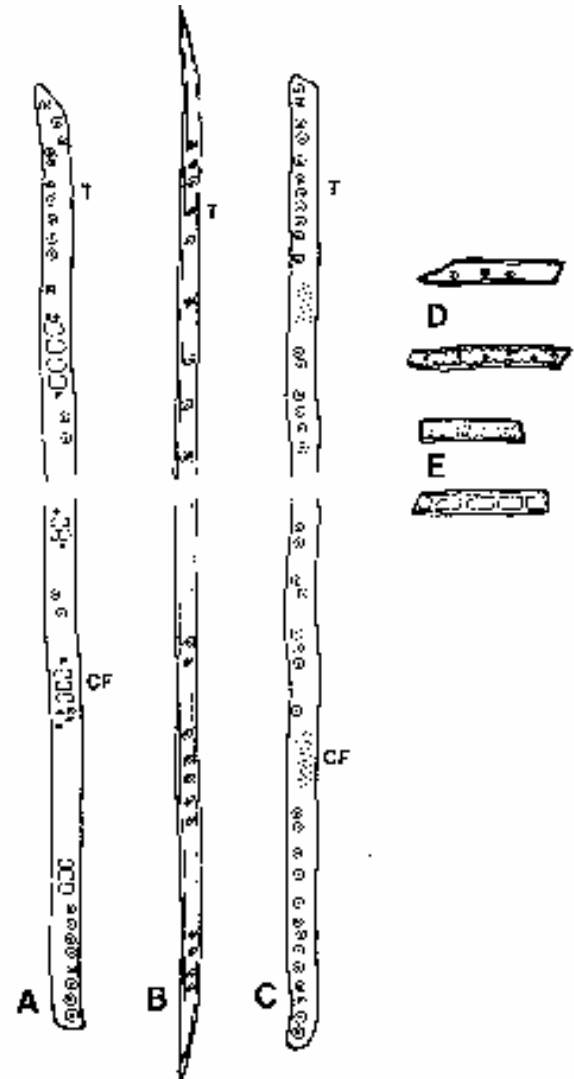


Isodiametrinen jälsisolu

(Fujita, Harada, 2001)

HAVUPUUSOLUT

- A. Männyn kevätpuutrakeidi
- B. Männyn kesäpuutrakeidi
- C. Kuusen kevätpuutrakeidi
- D. Kuusen ja männyn ydinsädesoluja (ray tracheids)
- E. Kuusen ja männyn ydinsäteen tylppysoluja (ray parenchyma cells)



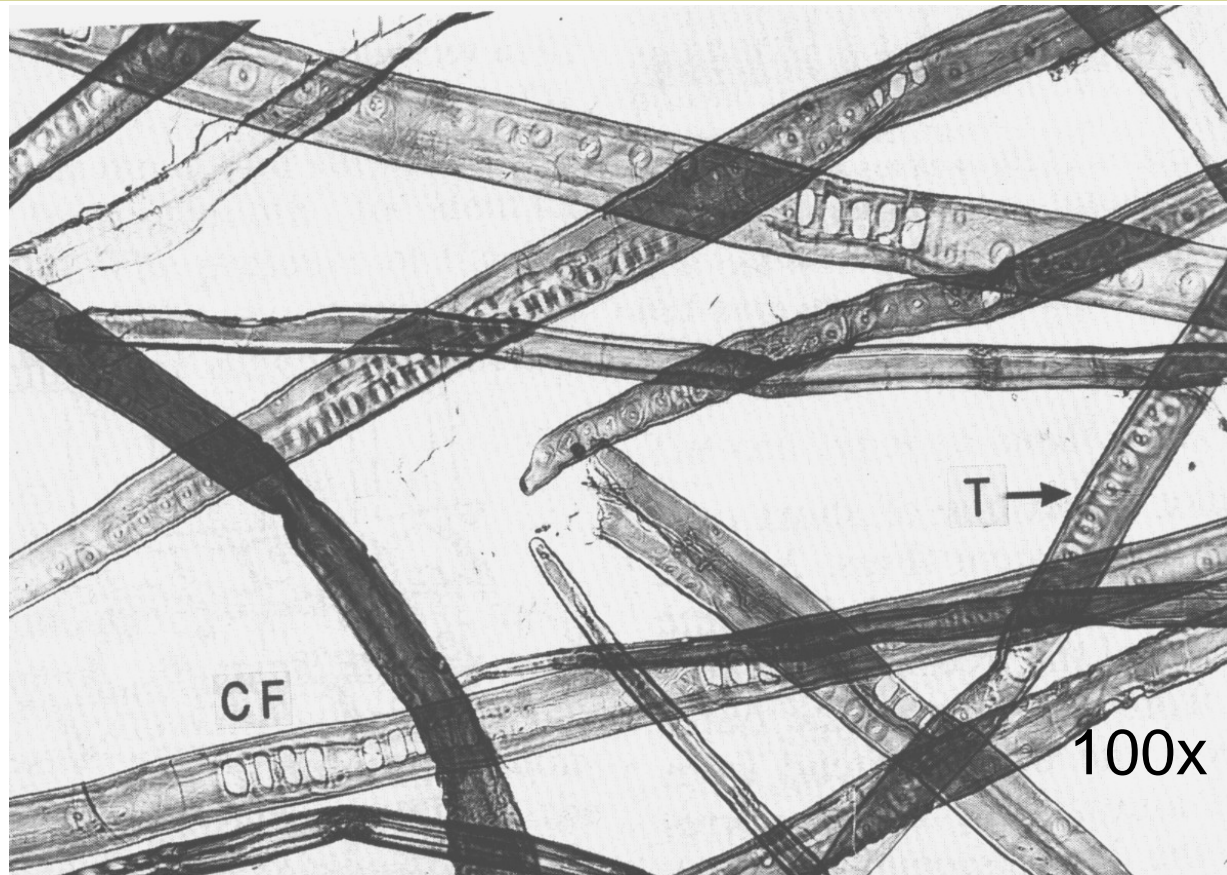
HAVUPUUSOLUT

- Havupuissa on vähemmän erilaisia soluja kuin lehtipuissa.
- Trakeidien tehtävänä on kuljettaa nesteitä vertikaalisesti ja antaa puulle mekaanisen tuen.
- Ydinsädesolut kuljettavat nesteitä horisontaalisesti ja varastoivat ravintoaineita.

HAVUPUUSOLUT

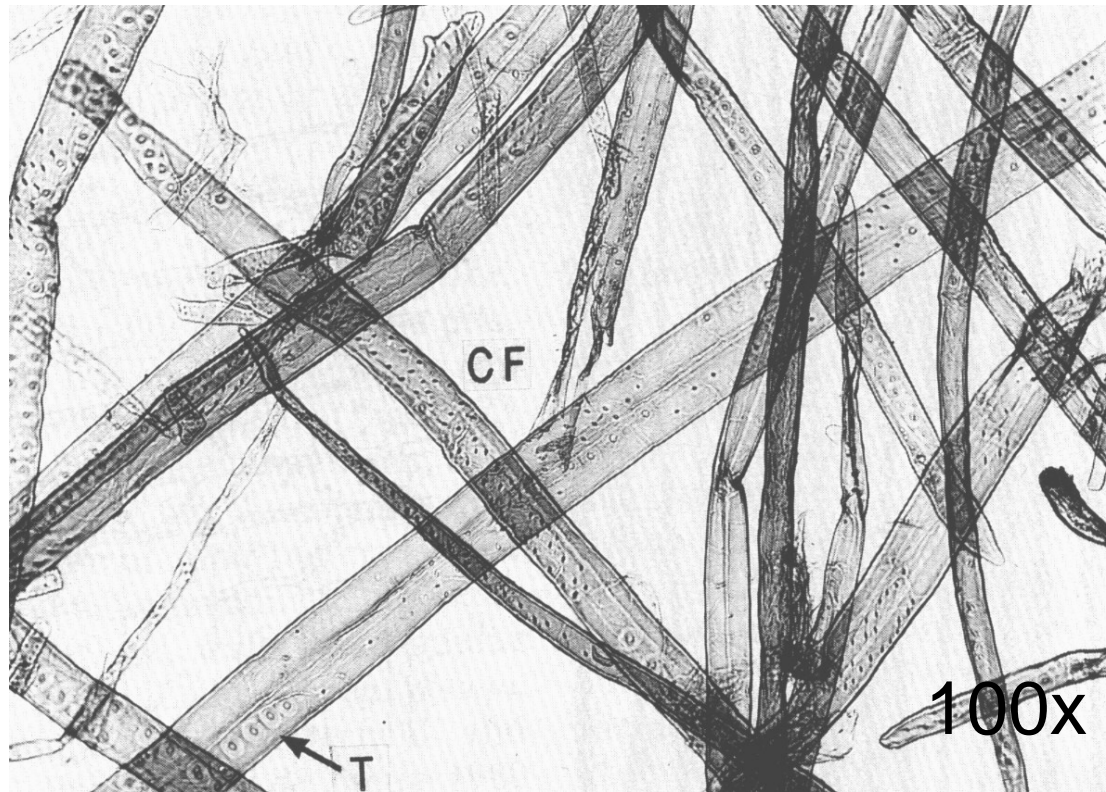
- Trakeidit eli kuidut (fibers)
 - pituus 2-6 mm
 - Nesteiden kuljetus, mekaaninen tuki.
- Ydinsäteen tylppysolut
 - Lyhyitä ja tiilenmuotoisia
 - Varastoi ja kuljettaa ravintoaineita.
- Ydinsäteen trakeidit
 - Nesteiden kuljetus säteen suunnassa

HAVUPUUKUITUJA



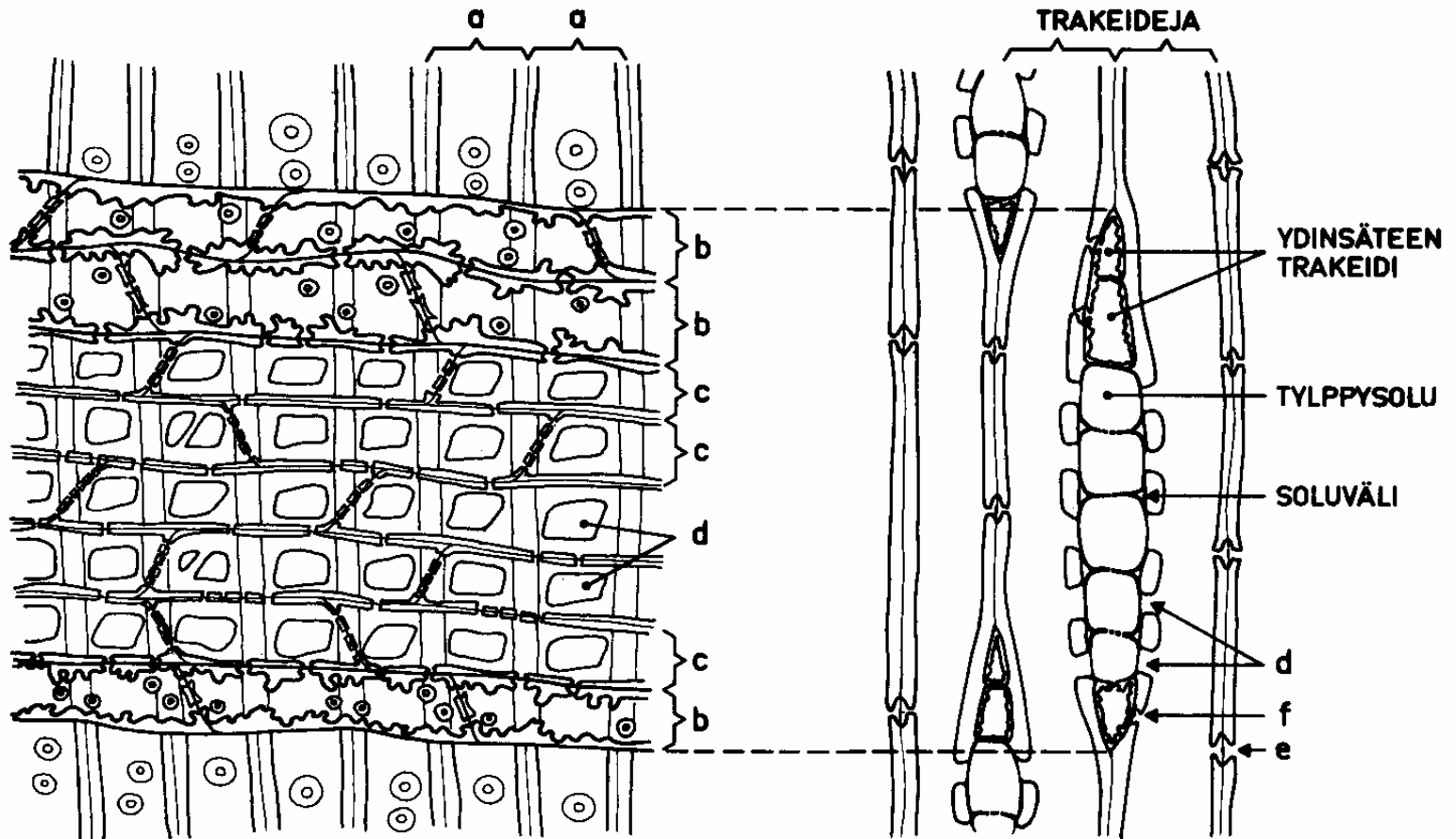
Männyn (*Pinus sylvestris*) kuituja. Trakeidien välisiä huokosia (T) ja ikkunahuokosia (CF). [KCL, 2002]

HAVUPUUKUITUJA



Kuusen (*Picea abies*) kuituja. Trakeidien välisiä huokosia (T) ja ovaalinmuotoisia huokosia (CF).
[KCL, 2002]

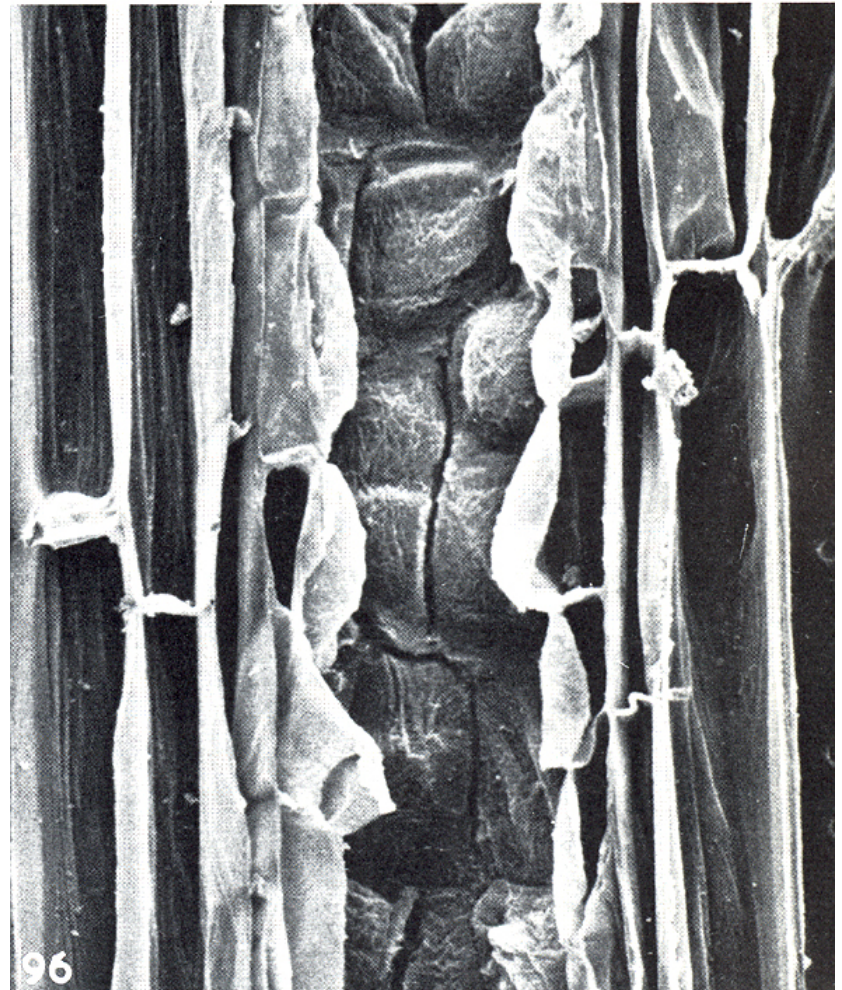
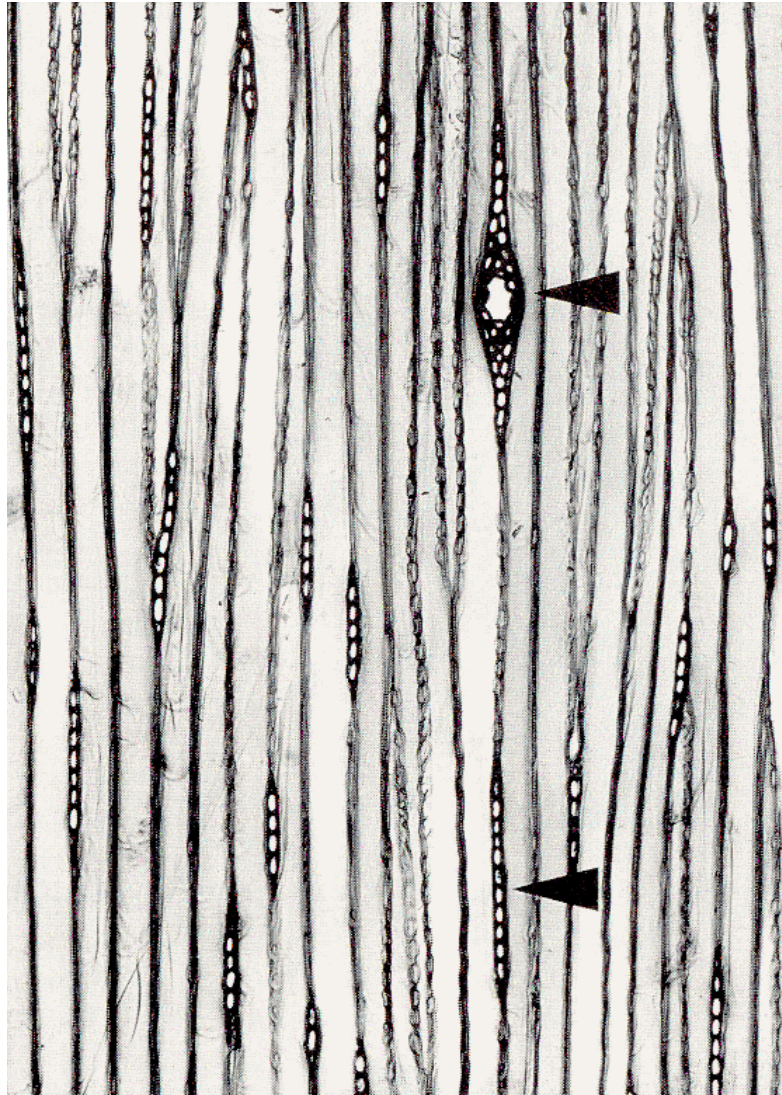
RISTIKENTTÄ - mänty



Säteensuuntainen leikkaus

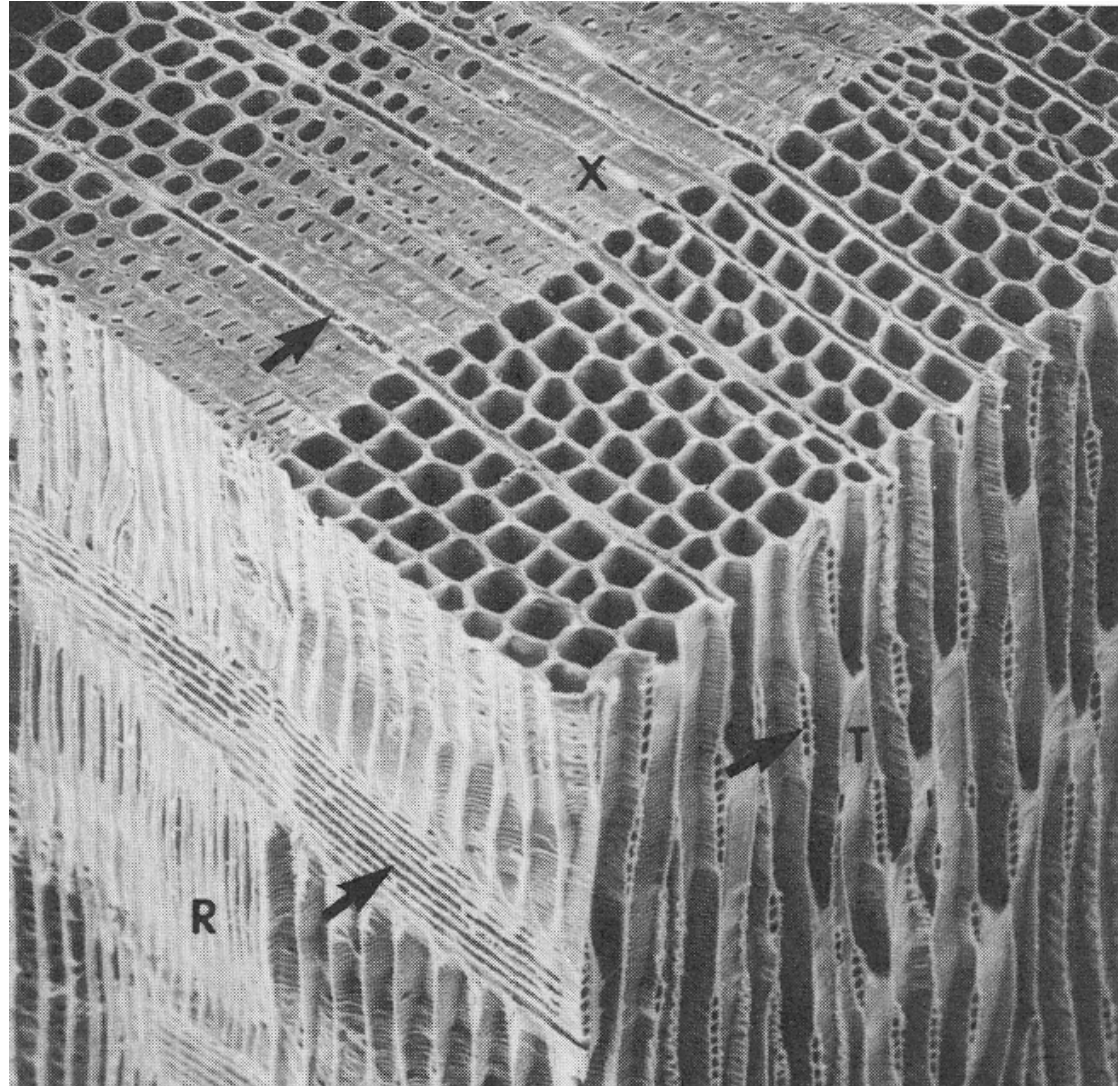
Tangentinsuuntainen leikkaus

YDINSÄTEET JA PIHKATIEHYET



Mänty

HAVUPUU

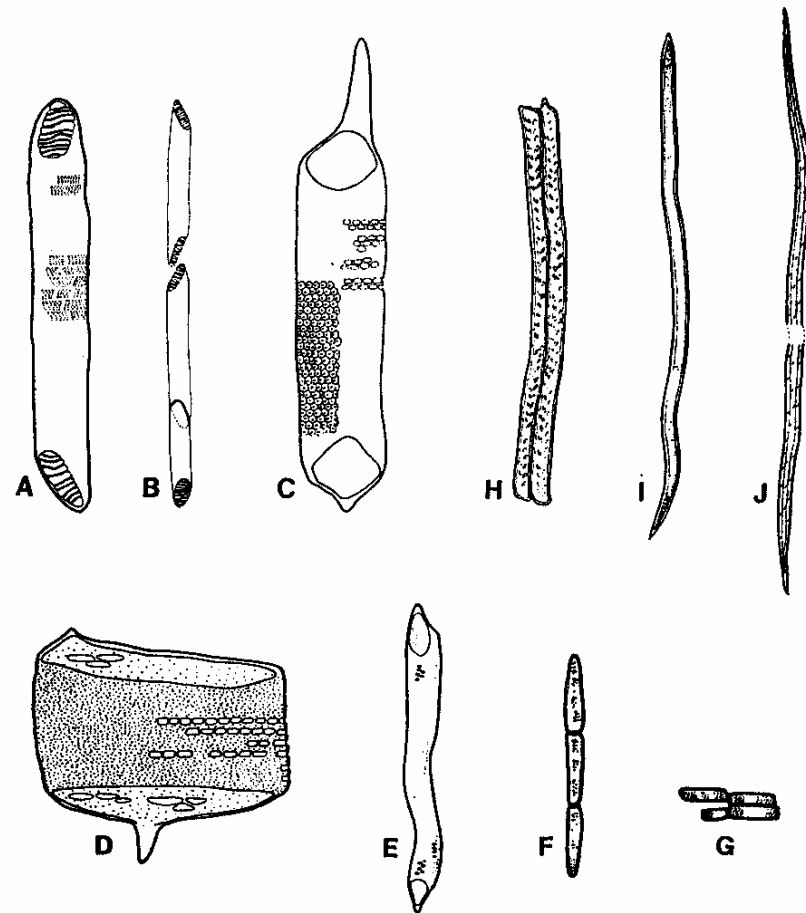


LEHTIPUUSOLUT

- Lehtipuiden solut kehittyneempiä kuin havupuiden solut.
- Lehtien uusiutumisen johdosta lehtipuista haihtuu enemmän vettä kuin havupuusta, joten myös sen nesteenkuljetuksen täytyy olla tehokas.
- Pääasialliset solutyypit:
 - Kuidut
 - Putkilosolut
 - Tylppysolut

LEHTIPUUN SOLUT

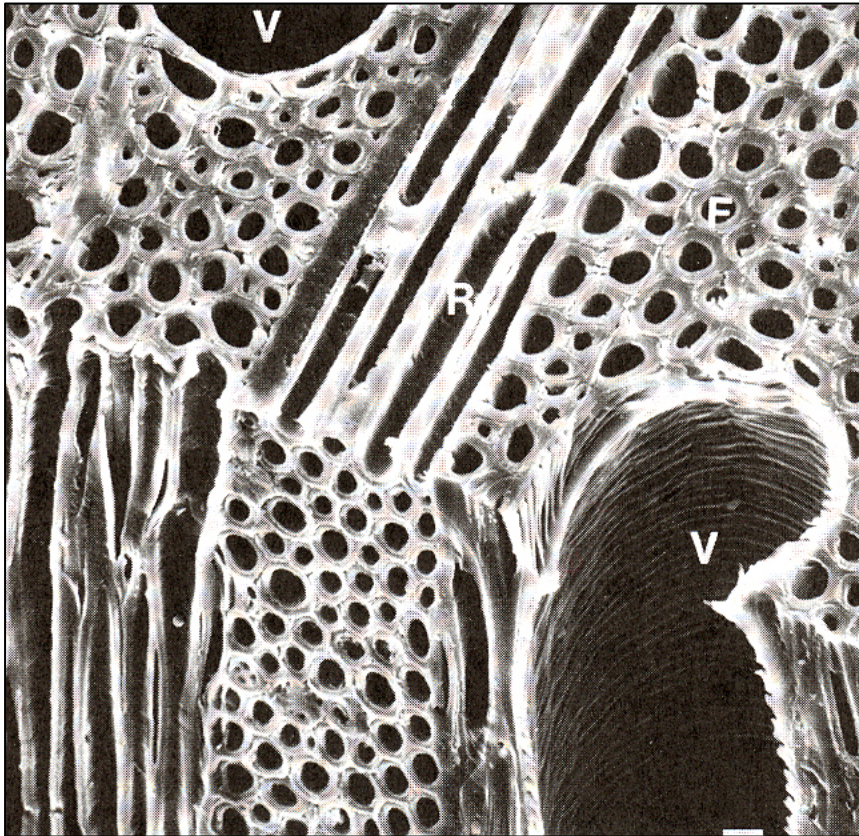
- A. Koivun putkilosolu (kevät)
- B. Koivun putkilosolu (kesä)
- C. Haavan putkilosolu (kevät)
- D. Tammen putkilosolu (kevät)
- E. Tammen putkilosolu (kesä)
- F. Tammen pitkittäistylppysolu
- G. Koivun ydinsäteen tylppysoluja
- H. Tammen trakeidi
- I. Koivun kuitutrakeidi
- J. Koivun puusyy



LEHTIPUUSOLUT

- Kuidut ja puusyyt
 - Pituus 0,8-1,6 mm
 - Mekaaninen tuki
- Putkilot
 - nesteenkuljetus
- Pitkittäistylppysolut
 - varastosoluja
- Ydinsäteiden tylppysolut
 - varastosoluja

LEHTIPUUSOLUT

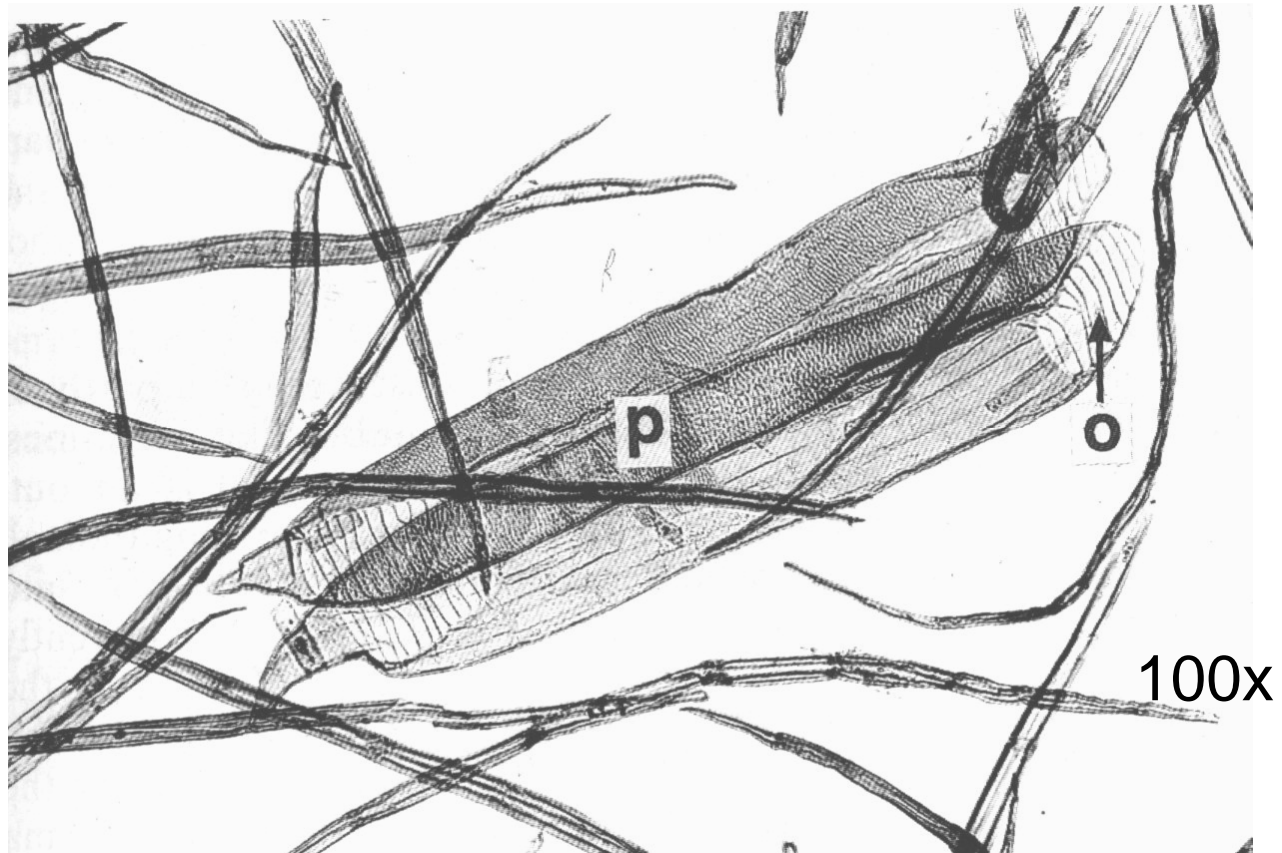


Lehtipuun mikroskooppikuva,
jossa putkilo (V), trakeidi (F)
ja ydinsädesolu (R)



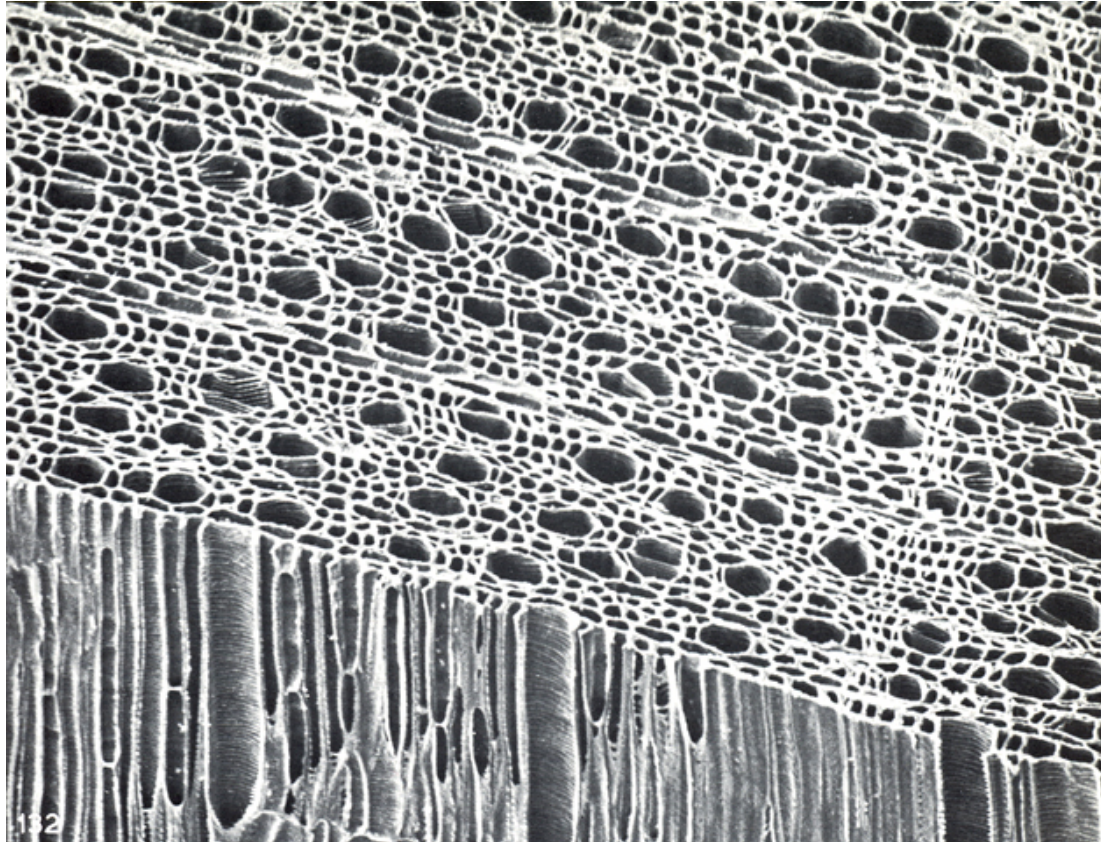
Eukalyptuskuituja

LEHTIPUUKUITUJA



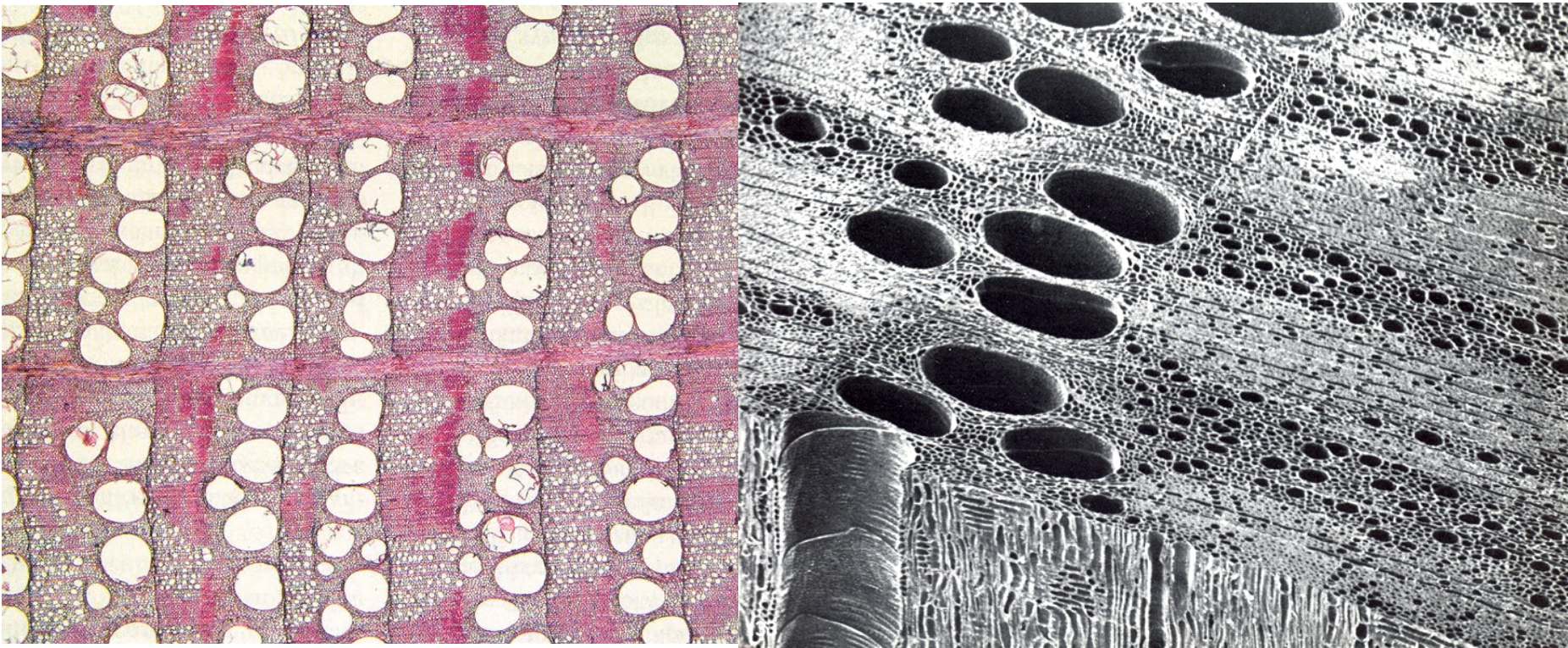
Koivun (*Betula verrucosa*) trakeideja
(kuituja) ja putkilosoluja [KCL, 2002]

LEHTIPUUSOLUT



- Haavassa putkilot ovat tasaisesti jakautuneina.
 - Hajaputkiloinen lehtipuu

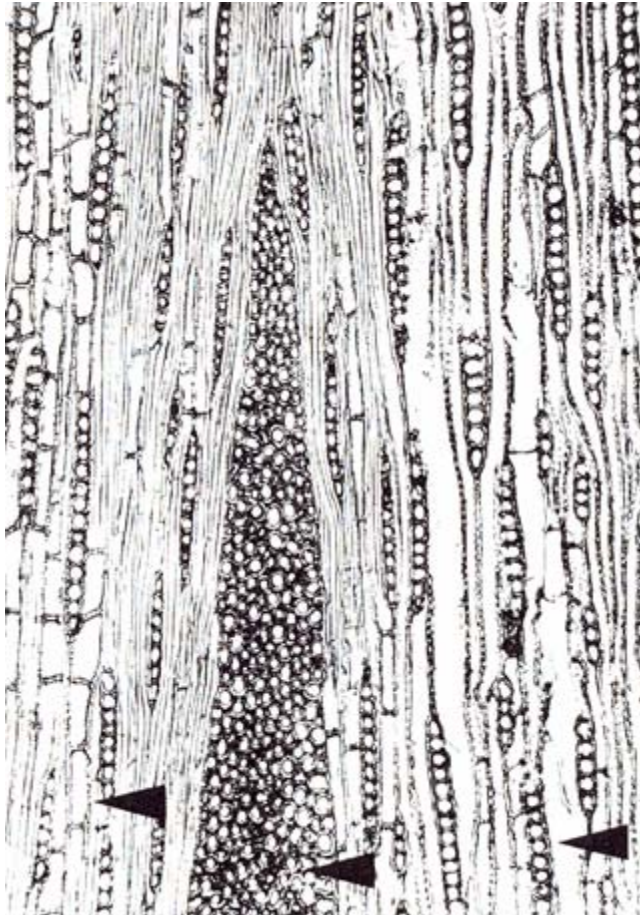
LEHTIPUUSOLUT



- Putkilot tammen kevätpuussa.
 - Kehäputkiloinen lehtipuu

LEHTIPUU

- ydinsäteet

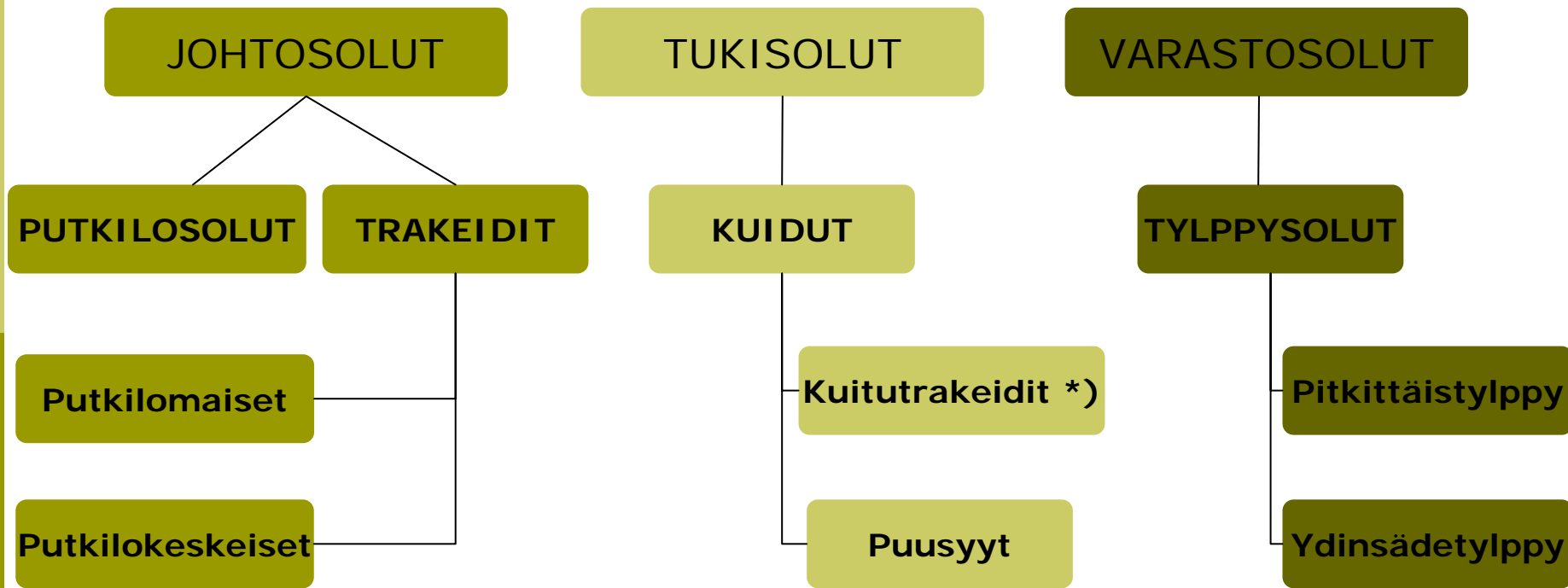


- Lehtipuissa on enemmän ydinsäteitä kuin havupuissa.
- Ydinsäteissä vain ydinsädetylppysoluja.
- Ydinsäteet voivat olla usean solun levyisiä.

LEHTIPUUSOLUT

- Yhteenveto

LEHTIPUUN SOLUT



PUUSOLUT

Solutyyppi	til-%, k.a.	Pituus, mm	Leveys, µm
Havupuu			
Trakeidit	93	1,4-6,0	20-50
Ydinsädesolut	7	0,01-0,16	2-50
Lehtipuu			
Kuitu	50	0,4-1,6	10-40
Ydinsädesolut	30	0,2-0,6	10-300
Putkilosolut	30	< 0,1	< 30

Luentorunko

- Puun ja rungon rakenne
- Puusolut
 - Havupuusolut
 - Lehtipuusolut
- Nesteiden kuljetus ja soluseinän huokokset

NESTEIDEN KULJETUS

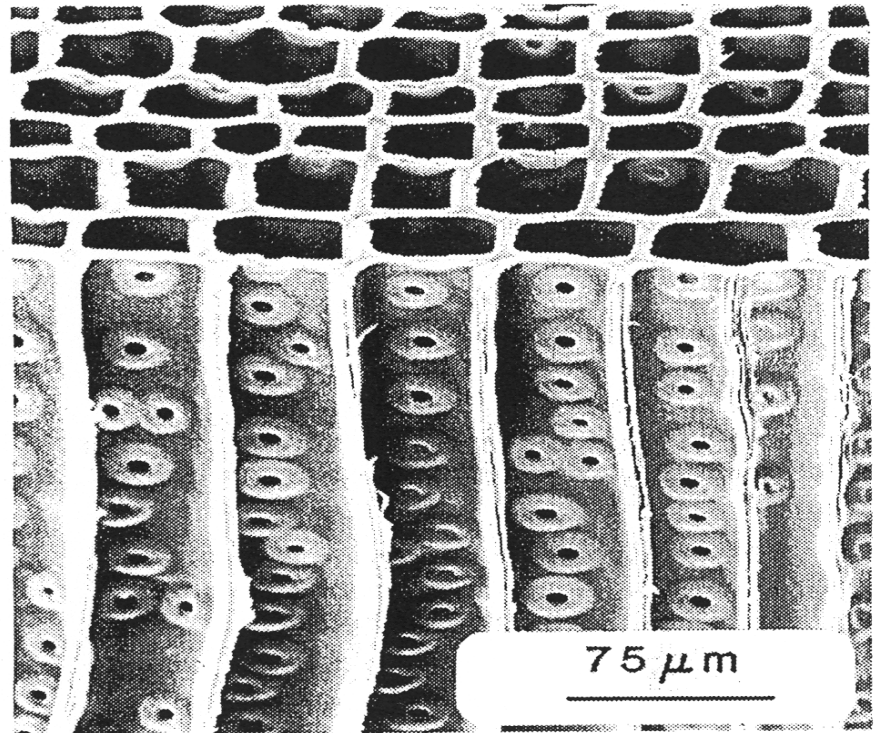
- Nesteiden kulun mahdollistamiseksi solut ovat yhteydessä toisiinsa huokosten kautta.
- Havupuussa nesteiden kuljetus tapahtuu pääasiassa ohutseinäisissä kevätpuutrakeideissä, joissa suuri ontelo. Nesteen kulkeutuminen solusta toiseen tapahtuu huokosen kautta.

NESTEIDEN KULJETUS

- Lehtipuun kuiduissa on vain pieniä huokosia, koska suurin osa nesteen kuljetuksesta tapahtuu putkiloissa.
- Putkilot (trakeet) muodostuvat päällekkäin olevista ohutseinäisistä putkilosoluista, joiden päätyseinät ovat lähes hävinneet. Putkilosolujen seinillä on runsaasti erilaisia huokosia.

Huokokset

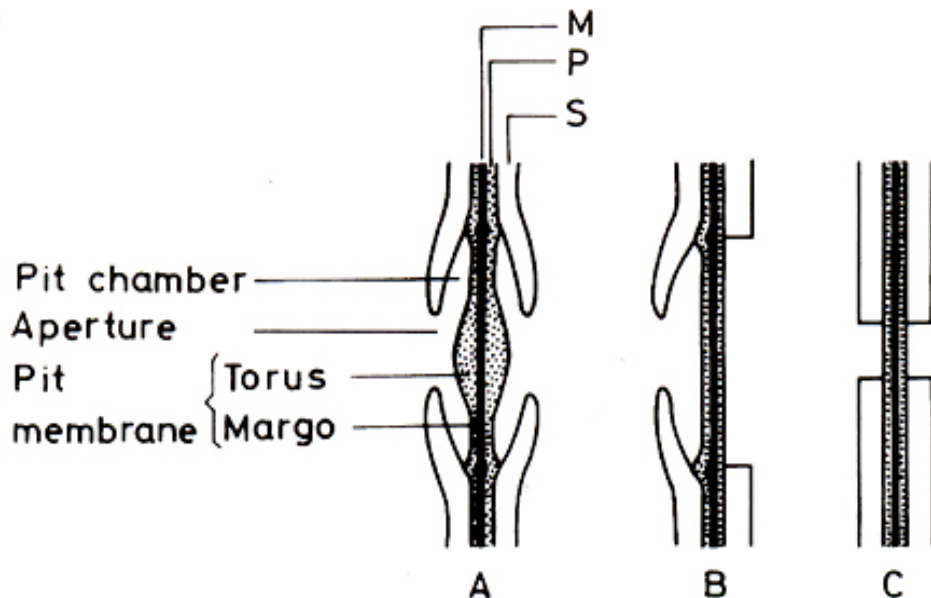
- Kaikissa solutyypeissä.
- Yhdistävät solut toisiinsa.
- Mahdollistavat nesteiden kulkeutumisen solusta toiseen



Donut-shaped pit borders in Engelmann spruce wood earlywood fibers

Huokokset

- ❑ Kaksipihainen, yksipihainen tai pihatton huokospari.
- ❑ Muodostuu primääriseinästä (vettä läpäisevä "venttiili") ja välilamellista (sulkukalvo).
- ❑ Voidaan käyttää kuitujen tunnistamisessa.

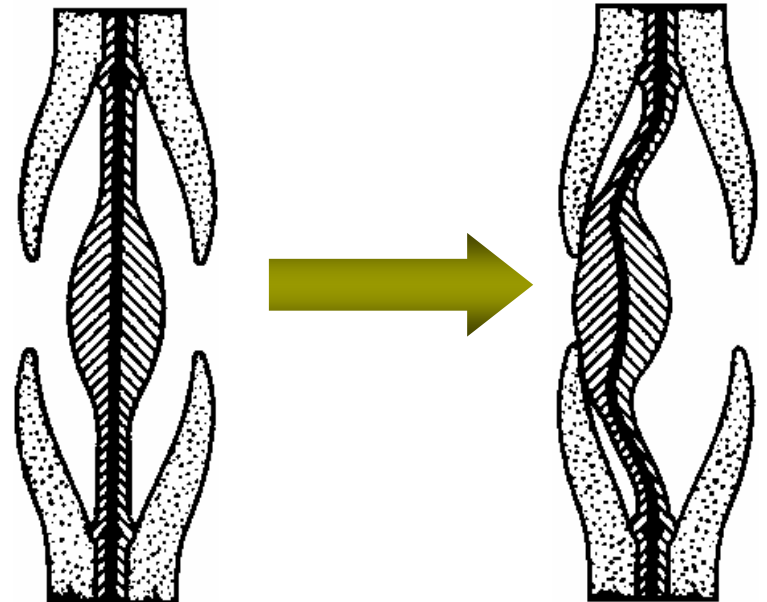
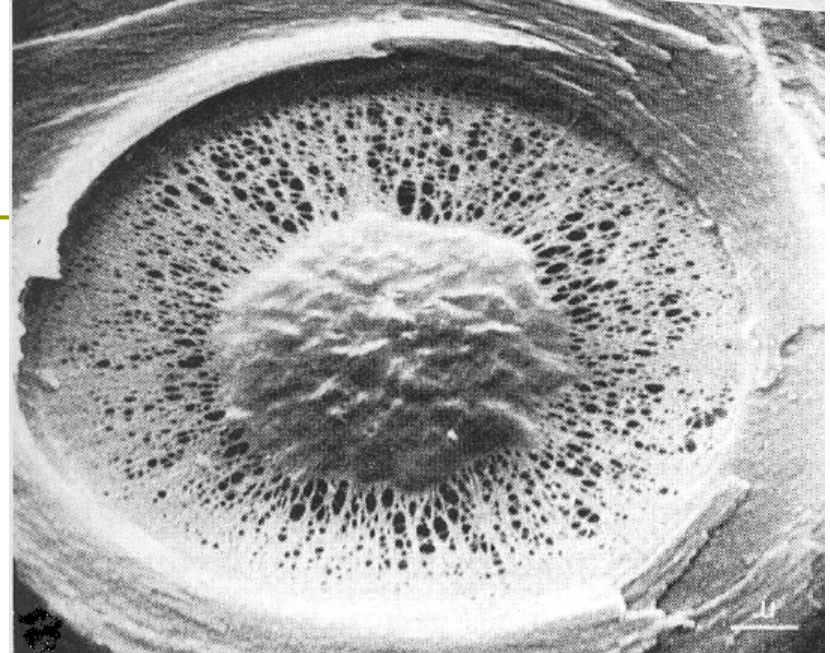


- A) kaksipihainen
- B) yksipihainen
- C) pihatton

Huokokset

- Havupuut

- Torus on vettä läpäisemätön paksunnos, neste virtaa margon lävitse.
- Kaksipihaisen trakeidin huokonen voi sulkeutua kun torus painuu jompaakumpaa huokosaukkoa (porus) vasten.



Huokokset - sijainti

□ Pihahuokospari

- Kuolleiden vettä kuljettavien solujen välillä
 - Trakeidien välillä (havupuut)
 - Putkiloiden välillä (lehtipuut)

□ Puolipihahuokospari

- Elävän ja kuolleen solun välillä
 - Trakeidin ja tylppysolun välillä (havupuut)
 - Putkilosolun ja tylppysolun välillä (lehtipuut)

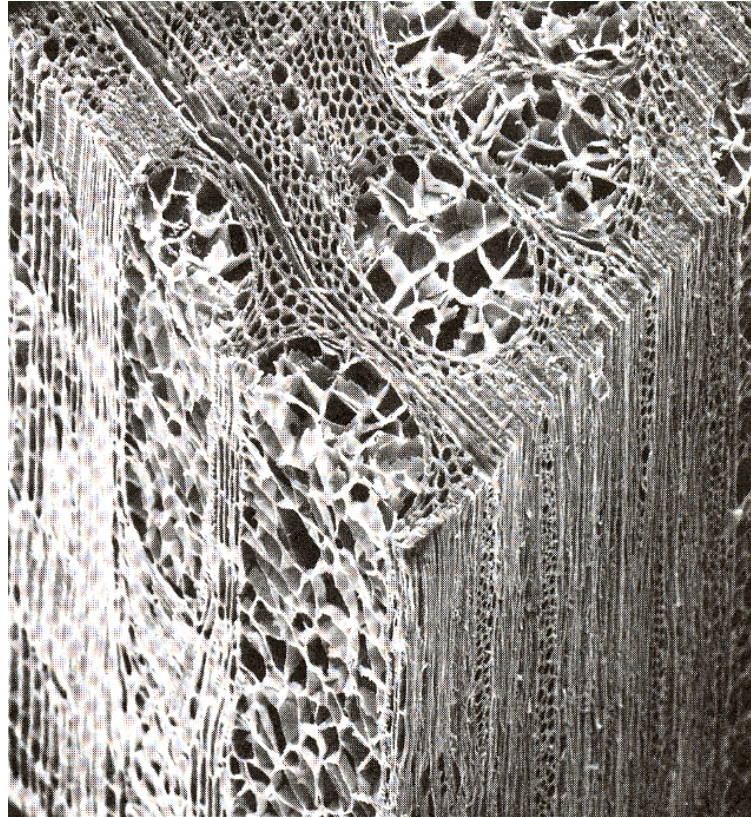
□ Pihatton huokospari

- Elävien solujen välillä
 - Tylppysolujen välillä (havupuut)
 - Tylppysolujen välillä, tylppysolujen ja puusyiden välillä (lehtipuut)

Sydänpuun muodostuminen

- ❑ Tietyssä vaiheessa rungon sisäosa alkaa muuttua täysin kuolleeksi sydänpuuksi, ja sen osuus rungosta kasvaa puun vanhetessa.
- ❑ Aluksi tylppysolut kuolevat ja niiden soluseiniin ja –onteloihin alkaa saostua uuteaineita (mm. pihkaa).
- ❑ Havupuissa kaksipihaiset huokokset sulkeutuvat, ja siten puun vedenpitävyys paranee.
- ❑ Joissakin puissa (mm. tammi) putkilot täyttyvät tulleillä eli täytesoluilla ja puun vedenpitävyys paranee.

Sydänpuun muodostuminen



Tyllien täyttämiä putkiloita.

Sydänpuun muodostuminen

