

Невена Стојановиќ

АНАТОМИЈА НА ДРВОТО

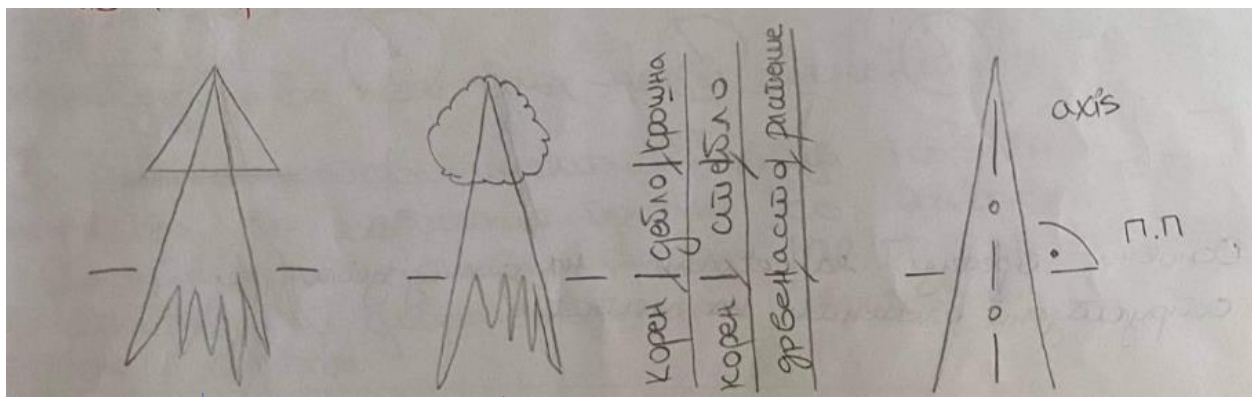
-Белешки од предавања-

2019/2020

Основни пресеци на кои се одредува макроскопската и микроскопската градба на дрвото

Делови кај дрвенастите растенија:

- Корен
- Дебло
- Крошна
- Стебло
- Дрвенасто растение
- Централен носач на стеблото
- Axis (оска)



Иглолисен вид

Лисјарски вид

Централен носач на стебло

Основни пресеци:

- Попречен пресек – ПП
- Тангенцијален пресек – ТП
- Радијален пресек – РП



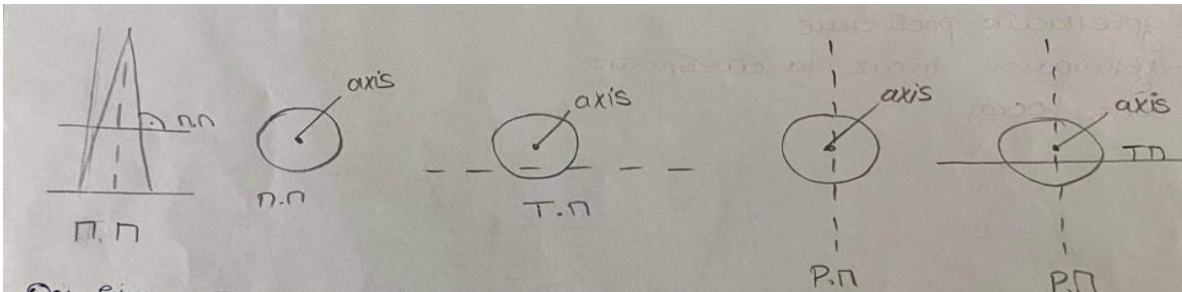
Нормално поставени еден на друг

Попречен пресек

- се добива кога стеблото се сече со рамнина нормално на оската на стеблото.

Тангенцијален пресек и Радијален пресек

- се надолжни пресеци (во насока на оска на стеблото), со тоа што ТП се добива со рамнина која е паралелна со оска на стеблото, додека РП се добива кога стеблото се сече со рамнина која минува низ оска на стеблото.

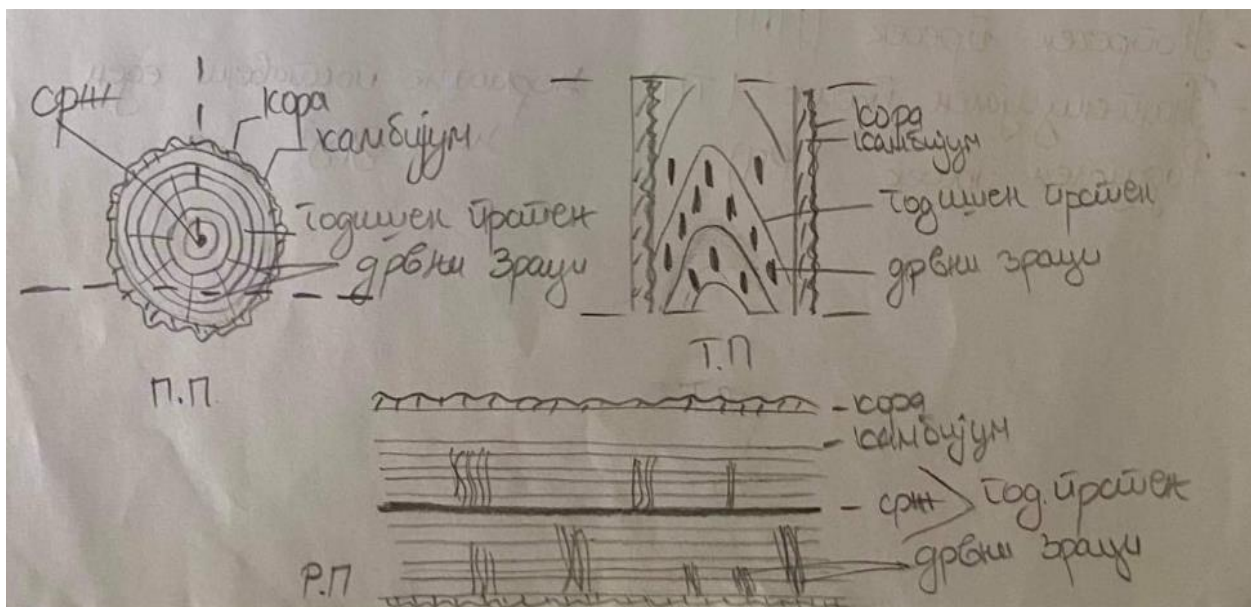


Основни пресеци на сегмент на дел од дебло и структурни елементи на истите

Основни пресеци на сегмент на дел од деблото и структурни елементи на истите

Основни структурни елементи:

- Годишни прстени – ГП
- Дрвни зраци – ДЗ



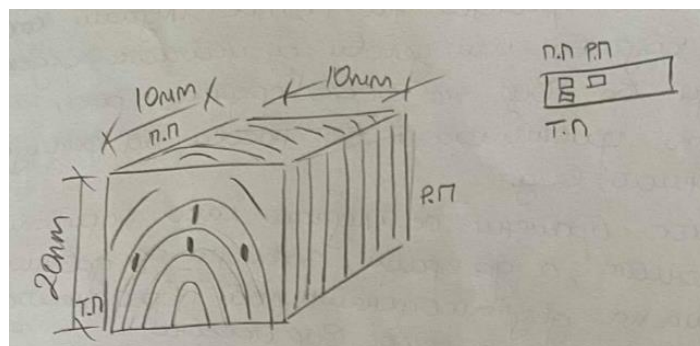
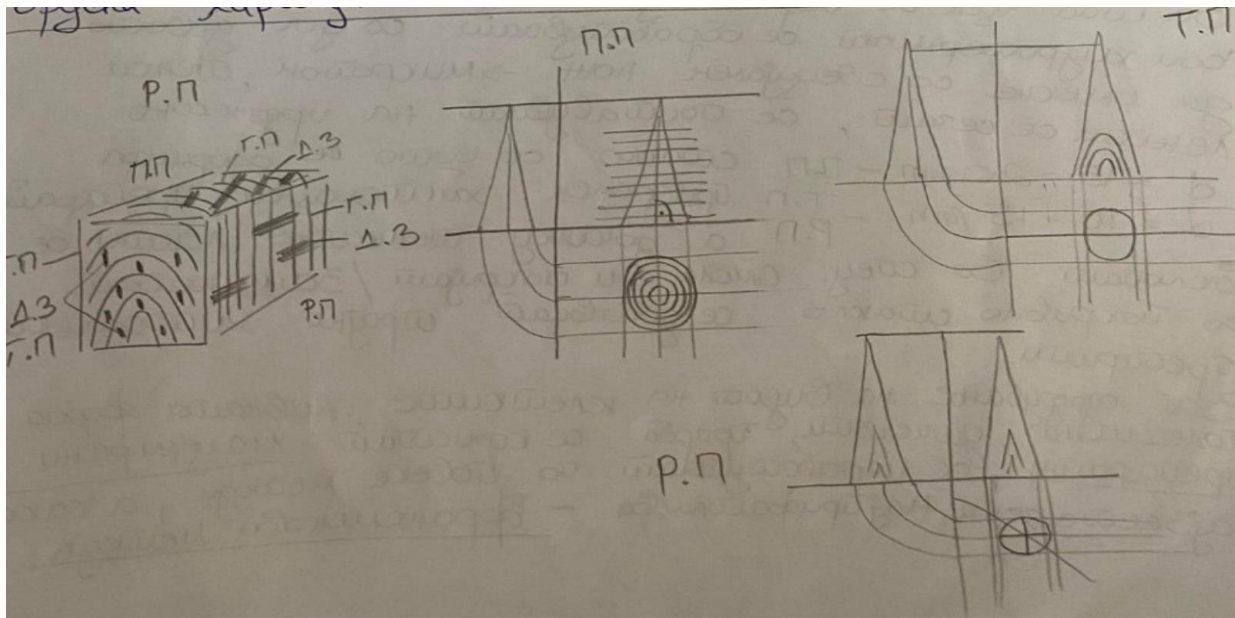
Попречен пресек (П.П) – Годишните прстени на П.П се гледаат како концентрични кругови или делови од истите, додека дрвните зраци во вид на тенки, средношироки ленти, радијално ориентирани во насока на радиус зависно од дрвниот вид.

Тангенцијален пресек (Т.П) – Годишните прстени се гледаат како параболи или делови од истите, а дрвните зраци зависно од дрвниот лист во форма на двојноистакнати леќи (вретенеста форма) и се специфични за секој вид посебно.

Радијален пресек (Р.П) – Годишните прстени се во форма на паралелни линии со оска на стебло, а дрвните зраци во форма на потемни полиња, нормални на стеблото.

Камбијум → во него има живи елементи (под кора)

За макроскопска идентификација на дрвото најчесто се користат призми со правилно ориентирани основни пресеци (П.П Т.П Р.П) – нормално поставени и добро површински обработени со брусна хартија.



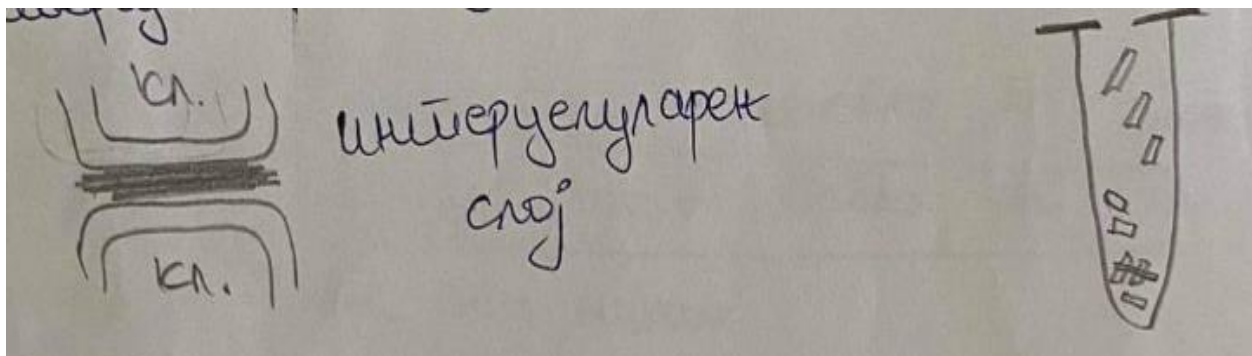
Макроскопски

- Хистолошки препарати (од кои ткива)
- Мацерирани препарати (од кои клетки)

Со хистолошките препарати се гледаат ткивата од кои е создадено ткивото, во прв ред годишни прстени и дрвни зраци при што се одредуваат нивните димензи, распоредот, формата на Д.З. За да биде одредена хистолошката градба дрвото се доведува во форма на тенки ленти низ кои минуваат светлосните зраци и да се врши микроскопирање. За таа цел се изработуваат призми 10x10x20mm кои хидротермички се обработуваат со цел дрвото да омекне, со специјален нож → микротон, се сечат тенки ленти, се поставуваат на предметно стакло со што се формира привремен хистолошки препарат, а доколку тенките ленти се вклопат во специјална смола и покријат/заштитат со покривно стакло се добиваат трајни хистолошки препарати.

За одредување на видот на клетките, нивната форма, големина, димензии, градба се користат мацерирани препарати, се изработуваат со повеќе методи, а како најзастапена, најприфатлива → **Франклинова метода**, која се состои во следното:

- Ситно исецкано дрво, во вид на дрвца од кибрит, се внесува во епрувети, во кои се сипа мешавина од 96% CH_3COOH (оцетна киселина) и 30% H_2O_2 (водороден пероксид) – 1:1, така приготвени епрувети се внесуваат во термостат 63 +/- 2 степени целзјусови на 24h односно додека дрвото не добие бела боја (памук) и не се спушти на дното, тоа е знак процесот на мацерација, односно топење на интерцелуларни слоеви, на соседните клетки, со што клетките се одделуваат една од друга, така добиениот материјал со претходно проливање со дестилирана вода е подготвен за микроскопирање; исто и мацерираниот материјал може да биде привремен или траен.



Основи на систематика на растенијата

Karl Line – шведски биолог

- Го вовел видот (вид) како систематска единица користејќи ја биномната номенклатура

пр. Pinus Sylvestris (бор бел)

Група растенија се припадници на еден вид ако меѓу себе се толку слични да можат да се сметаат за потомци на едно растение.

↓
ВИД

Phylum Tallophytae – стебло на нижи растенија

Phylum Cormophytae – стебло на нижи растенија (габи, алги, лишаи)

Subphylum Gimnospermae

Subphylum Angiospermae

(Подстебло на голосемени растенија)

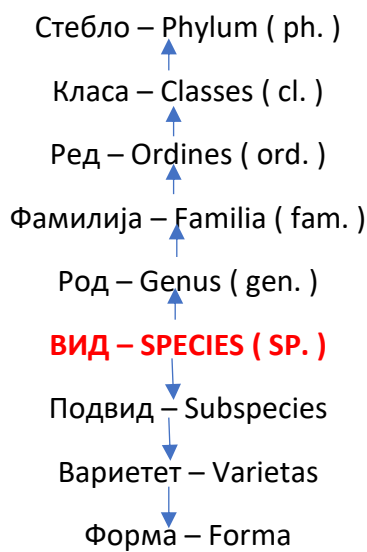
(подстебло на покриеносемени растенија)

Classes Coniferae

1. Classes Monocotylidoneae (тревести растенија)

(Иглолисни видови)

2. Classes Dicotylidoneae (лисјарски видови)



Classes Coniferae (Иглолисни видови)

fam. Pinaceae

gen. Pinus (бор)

gen. Picea (смрча)

gen. Abies (ела)

fam. Cupressaceae

gen. Cupressus (чемпрес)

gen. Juniperus (смрека)

fam. Taxaceae

gen. Taxus

sp. Taxus Vacata (тиса)

Лисјарски видови

fam. Fagaceae

gen. Fagus (бука)

gen. Quercus (даб)

gen. Castanea (костен)

sp. Castanea sativa (јадлив костен)

fam. Papilionaceae

gen. Robinia

gen. Robinia Pseudoacacia (багрем)

fam. Betulaceae

gen. Betula (бреза)

gen. Ostrya

sp. Ostrya Carpinifolia (црн габер)

gen. Alnus (евла)

gen. Carpinus (обичен габер)

fam. Moraceae

gen. Morus (црница)

fam. Oleaceae

gen. Fraxinus (јасен)

fam. Platanaceae

gen. Platanus (платан)

fam. Aceraceae

gen. Acer (јавор)

fam. Juglandaceae

gen. Juglans (орех)

fam. Tiliaceae

gen. Tilia (липа)

fam. Salicaceae

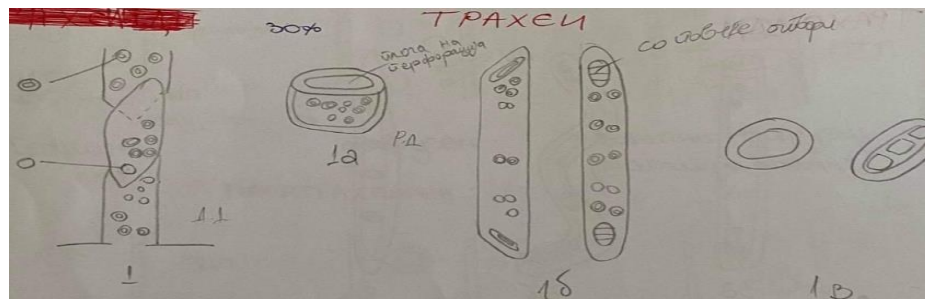
gen. Salix (врба)

gen. Populus (топола)

Микроскопска градба на дрвото од лисјарски видови – ЛИСЈАРСКО ДРВО

1. Трахеи
2. Дрвни влакна
3. Трахеиди
4. Паренхимски клетки
5. Преодни форми
 - септирани дрвни влакна и влакнести трахеиди
 - желатинозни дрвни влакна
 - влакнести трахеиди

1. ТРАХЕИ



- Паралелно поставени со оската на стеблото, низа од членови

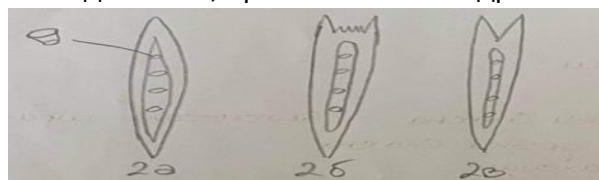
1a (од слика) – Трахеен член од зона на рано дрво Р.Д. со бочваста форма, пошироки од колку што се долги, широки отвори, тенки мембрани (прости и дворчесто пори) ПРОСТИ-кога се допираат со паренхимските клетки, ДВОРЧЕСТИ-кога се допираат со други трахеи.

1b – Трахеен член од зона на доцно дрво Д.Д. , цевкаста форма, прости и дворчести пори, скаларифорна перфорација, вода и хранливи материи во аксијална насока.

1. ДРВНИ ВЛАКНА

- Издолжени клетки, тесни лумени, дебели мембрани, пори како двојноиспакнати леќи (пукнатини, прозенхиматични клетки)

2a – тесни лумени, дебели мембрани, имаат механичка функција, поднесуваат механички напрегања на д. влакна, прозенхиматично дрво влакно.



2. ТРАХЕИДИ

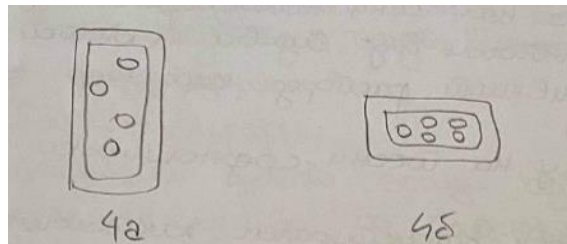


3a – Васкуларни трахеиди-паралелна со оска на стеблото, цевкаста форма, многу слична со трахеини членови од Д.Д., но подолга, нема плоча а перфорација, туку дворчести пори, широки лумени, тенки мембрани, спроводна функција (вода и минерални материји)

3b – Вазицентрични трахеиди-во насока на оска на стебло, неправилна форма, широки лумени, тенки мембрани, дворчести пори, вода спроведуваат во аксијална насока.

3в – Влакнести трахеиди-наликуваат на дрвни влакна, прозенхиматични клетки, тенки лумени паралелни со оска, дебели мембрани, отвори со вклопен торус (отвор), механичка функција.

3. ПАРЕНХИМСКИ КЛЕТКИ



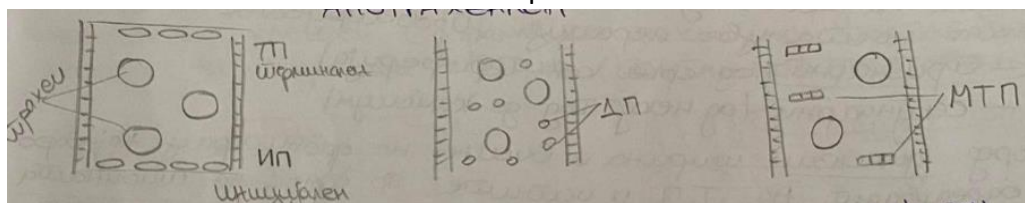
Аксијален паренхим

Хоризонтален паренхим

-влегуваат во состав на дрвни зраци и -до 20% застапени

1. **Апотрахеален паренхим** – Не е во контакт со трахеи
2. **Паратрахеален паренхим** – Е во контакт со трахеи
- 3.

Апотрахеален



Граничен

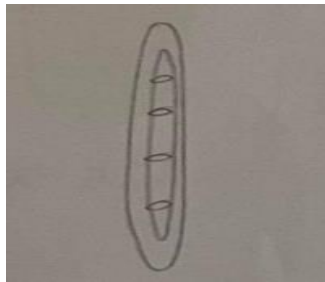
Дифузен

Зонично дифузен(метатрахеален)

Паратрахеален



5. СЕПТИРАНИ ДРВНИ ВЛАКНА



(цитолошки аспект)

Од хистолошки аспект годишните прстени кај лисјарските дрвја се со нагласена несиметрична градба која е резултат на поголем број видови на клетки (трахеи, дрвни влакна) и нивниот распоред, карактер за секојдневен вид одделно.

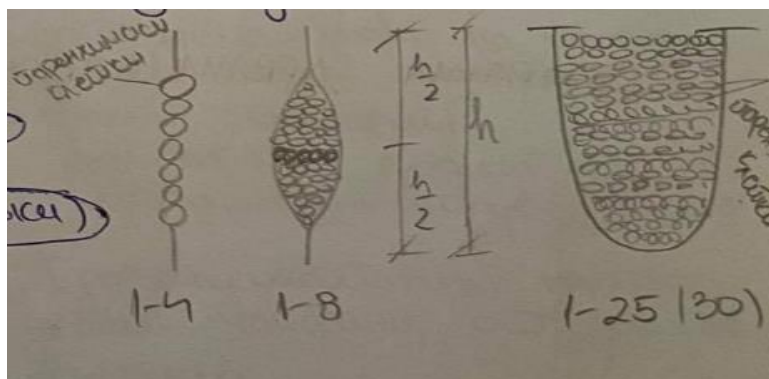
Дрвни зраци се во вид на тесни, средношироки и широки ленти.

Дрвни зраци како важен структурален хистолошки елемент кај лисјарските видови се делат според своето потекло, димензии, форма, градба.

Според потекло дрвните зраци како хоризонтално-радијално ткиво во градбата на лисјарското дрво имаат ф-ја да спроведуваат вода и органски материи во хоризонтални насоки и едновремено овозможуваат размена на гасови од стеблото и надворешноста односно настанува аерација (проветрување на стебло): **примарни** (од срж кон периферија) и **секундарни** (од некој год до камбијум).

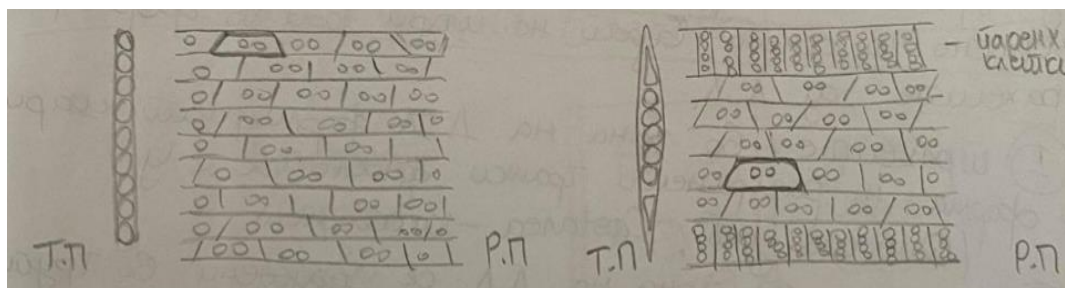
Според димензии, ширина и висина на д.з. најдобро се одредуваат на Т.П. и истите по однос на средина од висината на дрвниот зрак може да бидат: **тесни** (од 1 до 4 редици клетки), **средношироки** (од 1 до 8 редици клетки) и **широки** (од 1 до 25/30 редици кл.).

Во однос на нивната висина тие се движат од едноредни и високи до неколку 100-тици редици на кл., со тоа што ш. и в. ја одредуваат формата на Д.З. на Т.П. и тие може да бидат: **кончасти** (тесни), **вретеновидни** (средношироки) и **лентасти** (широки и високи).



Градбата на д.з. кај лисјарските видови најдобро се одредува на Р.П., а во голем број и на Т.П. Тие по својата градба можат да бидат: **хомоцелуларни и хетероцелуларни**.

1. Хомоцелуларни д.з. кај лисјарски видови се изградени исклучиво од паренхимски клетки кои што во рамките на одделните делови на дрвниот зрак се поставени да лежат на подолгата страна (полегнато поставени), додека
2. Хетероцелуларните д.з. се изградени исто така исклучиво од паренхимските клетки како и хомоцелуларните со таа разлика што најчесто крајните редови се изградени од паренхимски клетки кои се исправено поставени (лежат на потесната страна), а редовите меѓу маргиналните се изградени од паренхимски клетки во рамките на кои се поставени да лежат подолгата страна (полегнато) поставени.



Хомоцелуларен д.з. (Populus sp.)

Хетероцелуларен д.з. (Salix sp.)

Кај 1 – клетките се на подолгата страна

Кај 2 – крајните редици се паренхимски и се исправени, лежат на потенката страна (Р.П)

Лисјарските видови се групирани/класирани во две основни групи:

1. Прстенесто-порозни видови
2. Дифузно-порозни видови

Прстенесто порозни видови – гледано на П.П. во рамките на годишните прстени трахеите во зоната на Р.Д. се многу покрупни со поголеми дијаметри во однос на трахеи во зона на Д.Д. и формираат прстен околу границата на годот по што и го добиле името.

Дифузно-порозни видови – трахеите во зоната на Р.Д. и Д.Д. се со приближно иста големина, постепено се намалуваат (дијаметри) од Р.Д. кон Д.Д. и имаат карактеристичен дифузен распоред (расфрлани) преку цела ширина на годови,

И двете групи се групирани на по 3 под-групи:

Кај прстенесто-порозни видови групирањето е извршено на основа видот на шари кои ги формираат трахеите од Д.Д.:

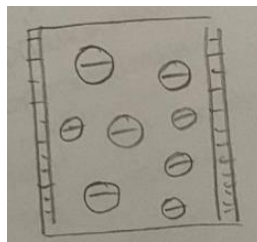
1. Трахеите во зона на Д.Д. формираат шари во форма на разгранети гранки односно х-у (Quercus, Castanea)
2. Трахеите во зона на Д.Д. се здружени во групи дамки (Robinia Pseudoacacia, Morus)
3. Трахеите во зона на Р.Д. и Д.Д. најчесто се поединечни или здружени, но секогаш опколени во вазицентричен паренхим (Fraxinus)

Кај дифузно-порозните видови се групирани врз основа на ширината на д.з. одредена на Т.П.:

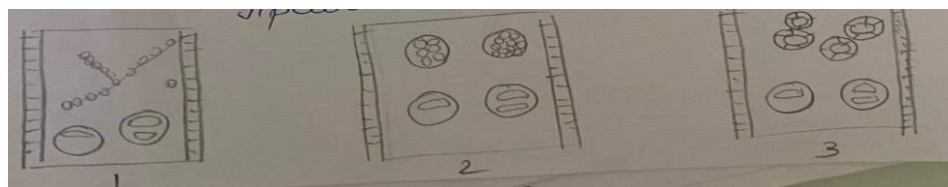
1. Дифузно-порозни видови со тесни дрвни зраци (1-4 редици клетки)
- Populus, Salix, Alnus, Carpinus;
2. Дифузно-порозни видови со средношироки дрвни зраци (1-8 редици клетки)
- Betula sp., Acer sp., Ostrya Carpinifolia, Juglans sp., Tilia sp.;
3. Дифузно-порозни видови со широки дрвни зраци (1-25/30 редици клетки)
- Fagus sp., Platanus sp., Quercus Coccifera (даб прнар);



Прстенесто-порозни

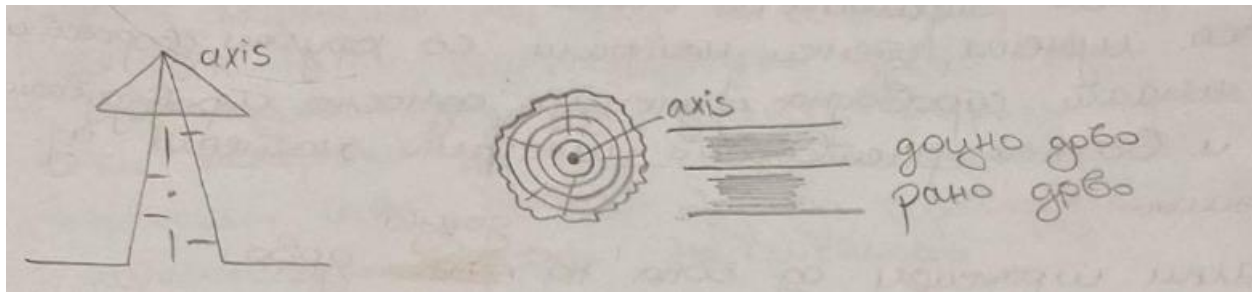


Дифузно-порозни



↑
Прстенесто-порозни видови

Микроскопска градба на дрвото од иглолисни видови – ИГЛОЛИСНО ДРВО



1. Трахеиди 90-95%
 2. Паренхимски клетки 5-10%
- Хоризонтална/радијална ориентација

Иглолисното дрво во споредба со лисјарското е со релативно едноставна градба; изградено е од два вида клетки – трахеиди и паренхимски клетки. И двата вида согласно поставеноста во однос на оската на стеблото можат да бидат:

- Аксијални -> вертикални
- Радијални -> хоризонтални

Аксијалните трахеиди во зависност од локацијата, местоположбата на год. прстени може да бидат:

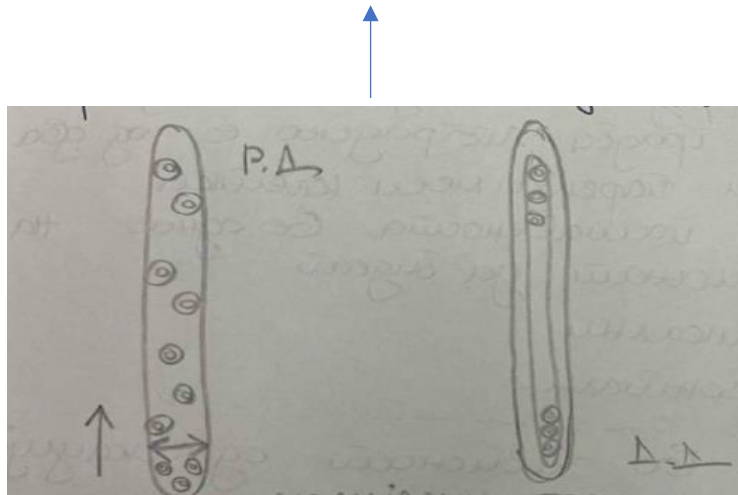
- Од зона на Р.Д.
- Од зона на Д.Д.

Аксијални трахеиди од зона на Р.Д.

- Се издолжени клетки со заоблени врвови кои имаат поставеност паралелна со оската на стеблото, широки лумени, тенки мембрани со кружни дворчести пори, имаат спроводна функција, односно спроведуваат вода и во неа растворени минерални материји од крошната.

Аксијални трахеиди од зона на Д.Д.

- Се издолжени клетки со зашилени врвови кои имаат ориентација паралелно со оската на стеблото, тесни лумени, дебели мембрани на чии што краевите кон врвовите се сместени ситни дворчести пори со елипсовидна форма и многу често со редуциран торус (отвор), механичка функција.

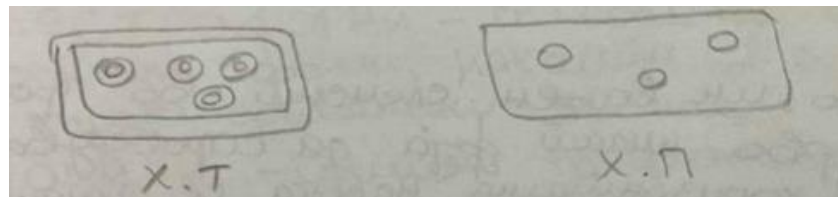


Хоризонтални трахеиди

- Се изодијаметрични клетки слични по форма на паренхимските кл., поставени најчесто со подолгата страна нормално на оската на стеблото, влегуваат во градбата на т.н. хетероцелуларни д.з. односно на хоризонтално (радијално) ткиво, широки лумени, тенки мембрани на кои се сместени кружни дворчести пори, имаат ф-ја да спроведуваат вода во хоризонтална насока на стеблото.

Хоризонтален паренхим

- Во градба на иглолисни видови е со приближно призматична форма со нешто поголема должина од ширина, нормално поставени на оската на стеблото, широки лумени, тенки мембрани во кои се сместени прости пори, влегуваат во градбата на дрвни зраци (д.з.) како хоризонтално ткиво со ф-ја додека се живи да спроведуваат органска материја во хоризонтална насока.

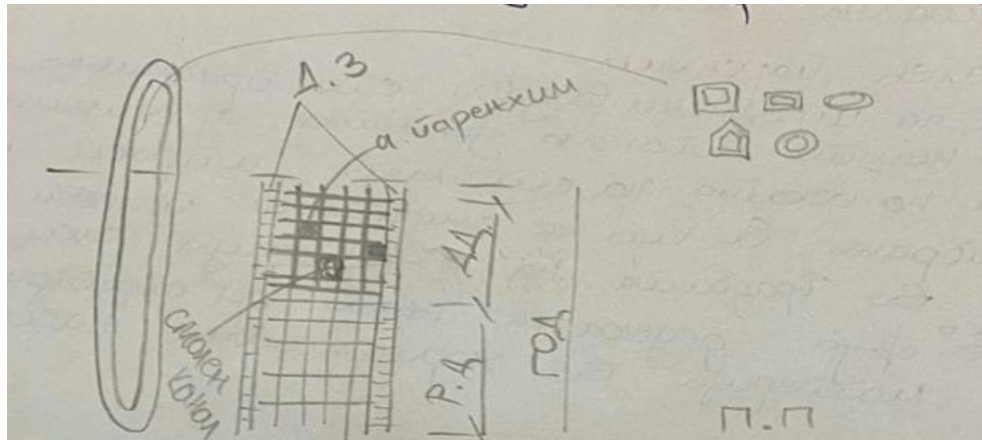


Аксијален паренхим

- Е со призматична форма со повеќекратно поголема должина од ширина и со подолгата страна поставен паралелно со оската на стеблото, многу малку застапен во градба на иглолисни видови, во споредба со лисјарите, широки лумени, тенки мембрани со прости форми, со ф-ја да складираат и спроведуваат органска материја, во надолжна насока – аксијална насока; паренхимот може да се сретне и како епителијален кога влегува во градба односно ги опколува смолните канали застапени во градба кај одделни видови.

Цитолошки аспект

Од хистолошки аспект гледано од П.П. годишните прстени се со симетрична градба, мрежеста структура која е резултат на поставеноста на аксијалните трахеиди во радијални низи односно се формира еден вид мрежеста структура симетрична односно мрежеста структура може да биде пореметена со постоење на вертикални смолни канали или аксијален паренхим кај некои видови.



Дрвните зраци како многу важен елемент во градба на хистолошкото дрво имаат функција да спроведуваат органска материја во хоризонтална насока, се групираат согласно нивното потекло, димензии, форма, градба. Согласно потеклото може да бидат: **примарни** (кога се протегаат од срж кон периферија) и **секундарни** (од некој год па се до камбијум). Согласно димензии во прв ред нивната висина и ширина изразено во број на редици, паренхимски клетки најдобро се одредува на Т.П. па согласно тоа дрвните зраци можат да бидат: едноредни по ширина и широки до 5 редици на клетки при што во пошироките дрвни зраци се сместени хоризонтални смолни канали кои ги имаат истите карактеристики како вертикалните но се нешто поситни. Едноредните по ширина дрвни зраци имаат кончаста-синџиреста форма додека повеќередните дрвни зраци имаат најчесто вретеновидна, крушкаста форма



а) едноредни б) повеќередни

Во однос на висината дрвните зраци може да бидат ниски во просек по:

- 2-4 редови (Juniperus)
- 6-8 редови (Taxus)
- 10-12 редови (Abies)

За радијален пресек од особено значење се видот на пори кои се јавуваат во т.н. полиња на вкрстување односно на местата каде се допираат аксијалните трахеиди како составен дел на аксијалното ткиво и паренхимските клетки од дрвните зраци како хоризонтално ткиво согласно наведеното можат да се појават следни видови на пори:

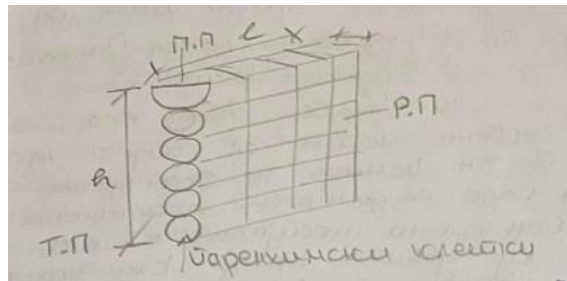
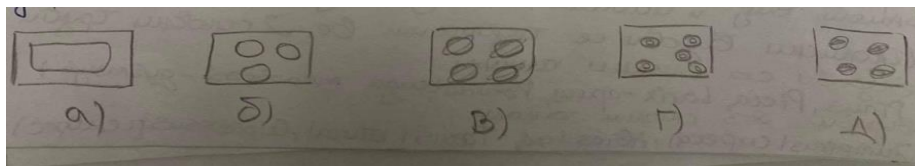
а) Фенестрофорни – се кратки пори со кружна елипсовидна форма, макс. 2 во поле на вкрстување и се карактеристични за наши домашни видови на бор.

б) Пиноидни – поситни од феестрофорни до 3 на број во поле на вкрстување, карактеристични за видови од родот Pinus кои во МК се алохтони-егзотични.

в) Пицоидни – пори кои се ситни од 2 до 5 во поле на вкрстување, со карактеристичен торус кој е поголем од округлото марго.

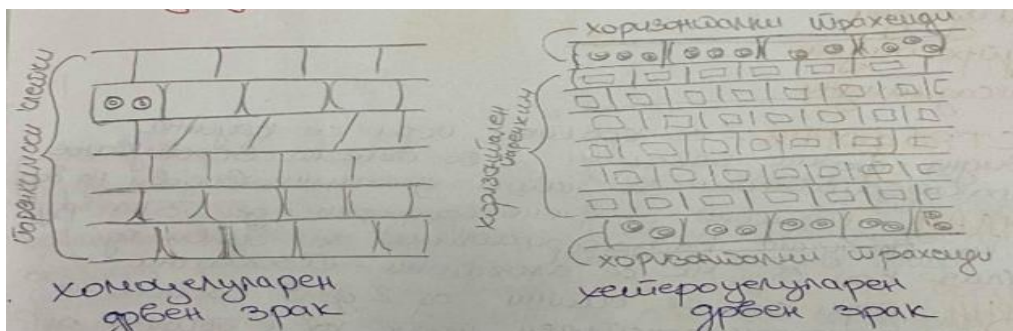
г) Купресоидни – се ситни пори до 5 во поле на вкрстување со нагласено ситен отвор и се карактеристични за видови од родот Juniperus и Taxus Vacata.

д) Таксоидни – се ситни пори до 5 во поле на вкрстување со дијаметар на торус колку и марго, карактеристика за видовите од родот Abies.



Градбата на дрвните зраци најдобро се одредува на Р.П., а многу поретко на Т.П., согласно градбата дрвните зраци може да бидат:

- Хомоцелуларни и Хетероцелуларни



Хомоцелуларните д.з. се изградени исклучиво од паренхимски клетки, додека кај хетероцелуларните д.з. крајните/ маргиналните редови се изградени од хоризонтални трахеиди, а редовите меѓу нив се изградени од паренхимски клетки.

На паренхимски клетки гледано на Р.П. во полињата на вкрстување, односно таму каде се допираат кај аксијалните трахеиди се забележуваат пори, зависно од дрвниот вид и истите може да бидат:

Иглолисните видови се групирани во 2 основни групи:

- Видови со смолни канали (Pinus, Picea, Larix, Pseudocuga menziessi-дуглоазија)
- Видови без смолни канали (Juniperus, Abies, Taxus, Cupressus)

Видовите со смолни канали се поделени на 2 подгрупи:

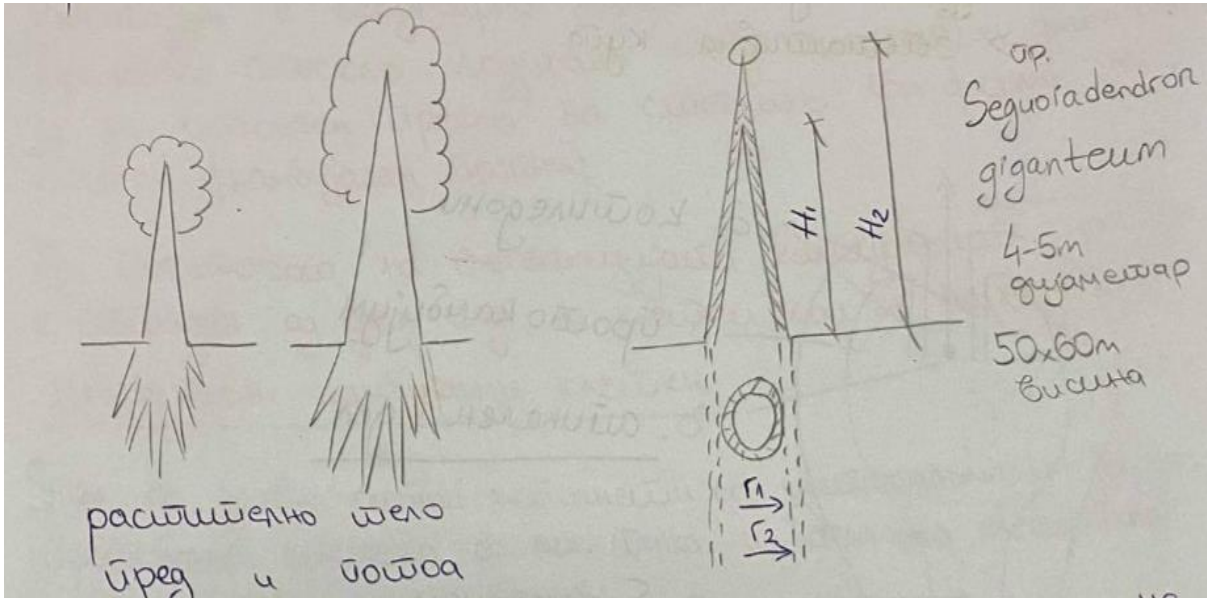
- Видови кај кои смолните канали се опколени со епителијани клетки кои имаат тенки мембрани, полумесечеста форма и до 5 на број.
Претставник Pinus sp.
- Видови со смолни канали кои се опколени со епителијални клетки кои имаат дебели мембрани со елипсовидна форма и повеќе од 5 редови околу смолниот канал. Претставник Picea sp., Larix sp., Pseudocuga.

Видовите без смолни канали исто се групирани на 2 подгрупи:

- Видови со видлив аксијален паренхим на трите пресеци. Претставник Juniperus.
- Видови со невидлив аксијален паренхим. Претставници Abies и Taxus Vacata.

Растење кај дрвенасти растенија

- Растење или зголемување на волуменот на растително тело



Растење настанува како резултат на делување на меристемските клетки кои го градат примарното меристемско ткиво и секундарно меристемско ткиво. (merizo-делење)

Примарно меристемско ткиво е сместено на врвот од стеблото и гранките и бидејќи е сместено на врвот се вика апикално (врвно).

Секундарно меристемско ткиво е сместено меѓу дрвото и кората (камбијум) – ксилем (дрво), флоем (кора).

Со примарно меристемско ткиво растението расте во висина.

Со секундарно меристемско ткиво растението расте во дебелина.

геометрија
прираса - волумен

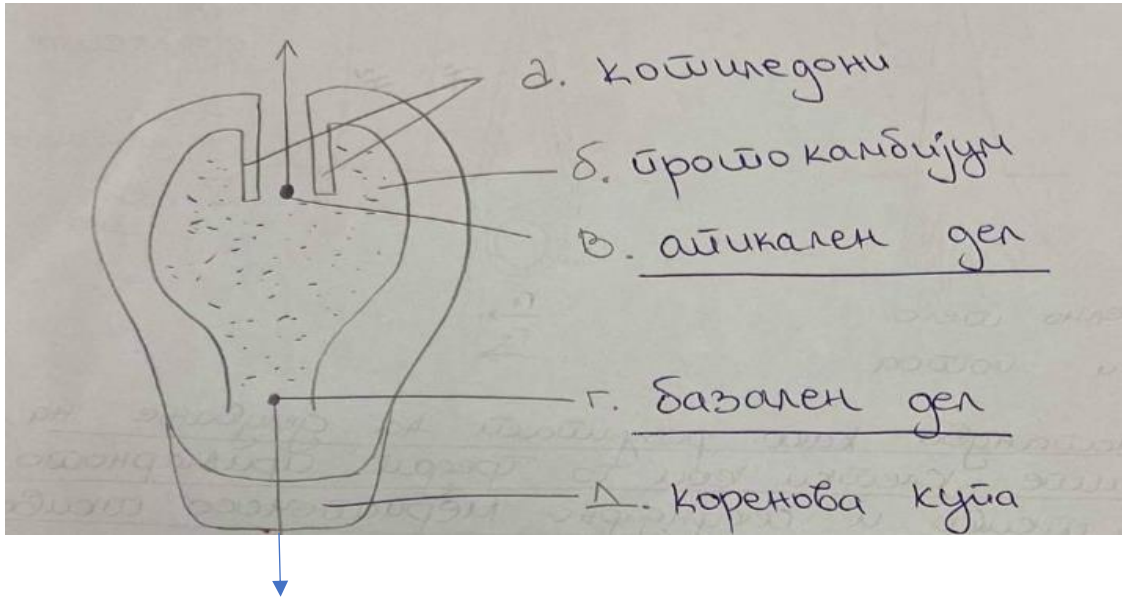
$$V_1 = \frac{\pi r_1^2 \cdot H_1}{3}$$

$$V_2 = \frac{\pi r_2^2 \cdot H_2}{3}$$

$$\underline{V_{p2} = V_2 - V_1}$$

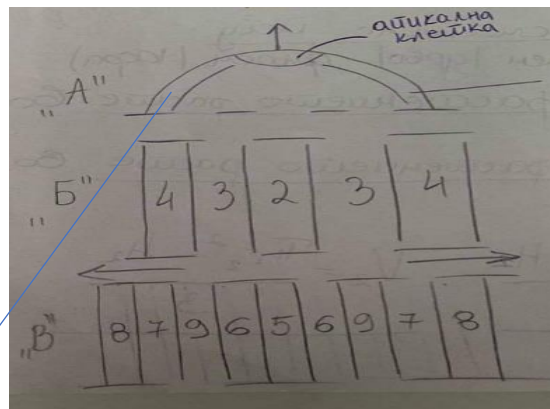
Примарно растење

- Преку надолжни пресеци на
 - Дикотиледонски ембрион
 - Вегетативна купа



Надолжен пресек на дикотиледонски ембрион

Со делба на апикален дел растението расте во височина а со делба на базален дел растението расте во длабочина.



Надолжен пресек на вегетативна купа и формирање на примарни ткива

1. дерматоген 2. плером 3. периблем 4. епидермис 5. срж 6. примарен ксилем 7. примарен флоем 8. кортекс 9. камбијум

Секундарно растење

- Камбијум и видови камбијални клетки

Камбијум е секундарно меристемско ткиво со примарно потекло лоцирано меѓу ксилемот и флоемот, а на П.П. на стеблото во форма на прстен (камбијален прстен).

На почетокот на вегетацијата камбијалниот прстен е изграден од еден слој на клетки кои се нарекуваат иницијални клетки.

Тоа се живи клетки исполнети со цитоплазма и јадро(протоплазма) опколени со многу тенка и нагласена еластична мембрана (првична мембрана).

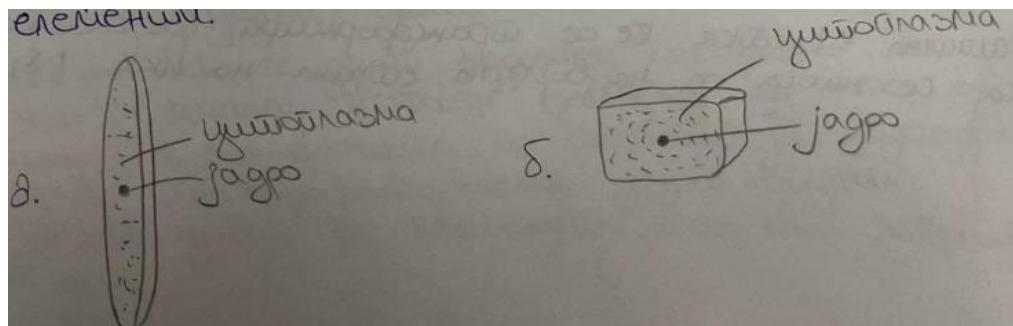
Во својот облик ИКК може да бидат:

а) Прозенхиматични

- Прозенхиматични ИКК се издолжени клетки на краевите зашилени клетки поставени паралелно со оска на стеблото, со нивна делба настануваат сите клетки на дрвото и кората (ксилем и флоем) поставени паралелно со оска на стебло и се нарекуваат аксијални елементи.

б) Изодијаметрични

- Изодијаметрични ИКК со подолга страна се поставени нормално на оската на стеблото и со нивна делба се формираат елементи на дрвото и кората кои се поставени нормално на оска на стеблото и се нарекуваат радијални елементи.



ИКК во текот на својот развој (онтогенеза) минуваат низ следните развојни фази:

1. Делба
2. Растење
3. Задебелување на клеточна мембрана
4. Лигнификација

1. Делба на ИКК

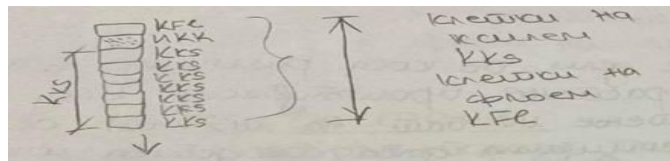
Рамнината по која се делат ИКК во однос на оската на стеблото може да биде поставена тангенцијално, радијално и попречно (нормално поставени)

Тангенцијална делба на ИКК:

- На тангенцијална делба се подлежаат и прозенхиматични и изодијаметрични к. Клетки и двете форми се делат тангенцијално.
- Преку т. Делба на ИКК се формираат две нови клетки: матична камбијална клетка и нова иницијална камбијална клетка.
- Во текот на вегетацијата матичната к. Клетка се дели од 1 до 4 пати се трансформира во траен елемент на дрвото или кората.
- Ново формираната ИКК го задржува својството за понатамошна делба во зависност од локација на матична к. Кл. Во однос на новоформираната ИКК зависи дали матичната клетка ќе се трансформира во елемент на дрвото -> матична к. клетка се наоѓа од внатрешна страна на ИКК.
- Матична клетка ќе се трансформира во клетка на кората кога се наоѓа од надворешна страна на ИКК.

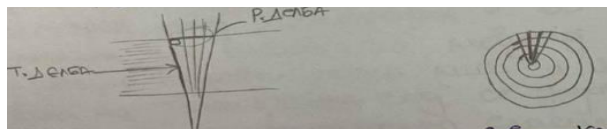
На крајот на вегетациониот период како резултат на т. Делба на ИКК стеблото го зголемува својот дијаметар за големината на новоформираното дрво и кора, а камбијумот се оддалечил од сржта кон периферијата за големината на новоформираното секундарно дрво.

Обично една матична к. Клетка се трансформира во клетка на кора, а до 10 во клетка на дрво. Преку т. Делба се формира дрвна маса.



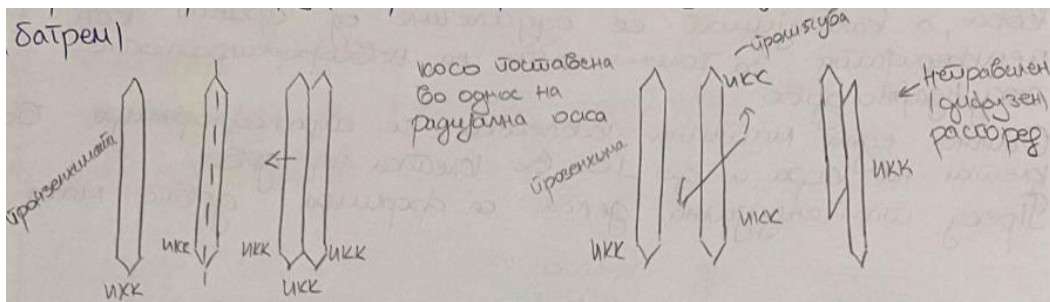
Радијална делба на ИКК:

- Е карактеристична само за прозенхиматични ИКК и преку неа се формираат само нови ИКК, радијална делба се јавува како последица на тангенцијалната делба, а имено како резултат на т. делба се зголемува дијаметарот на камбијалниот прстен што повлекува потреба од зголемување на неговиот обем, тоа се остварува преку радијална делба на ИКК.



- Радијалната делба може да се јави како аксијална и радијална
→ Аксијално-радијална делба
- Прозенхиматични ИКК се делат надолжно/аксијално на две нови ИКК кои ја имаат истата должина на ИКК од која се настанати а во фазата на растење ја зголемуваат димензијата во тангенцијална насока достигнувајќи ја ширината на ИКК од која се настанати и со ова завршува радијалната делба.

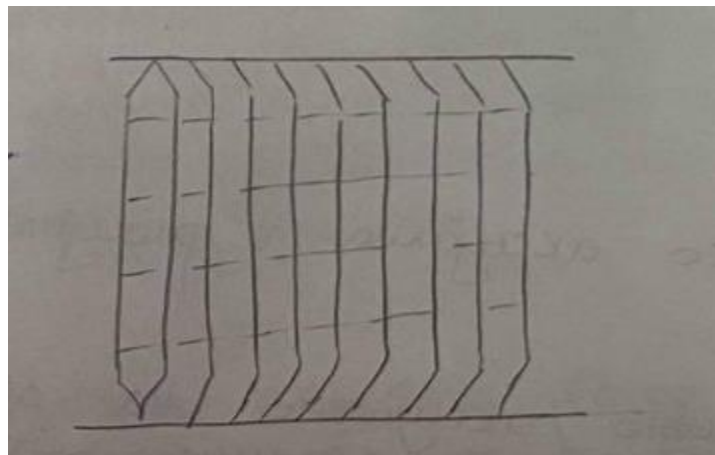
Со понатамошна т. делба на новонастанатите ИКК се формираат елементи на дрвото и кората кои имаат спратен распоред, карактеристика од видот *Robinia Pseudoacacia*.



Прозенхиматична ИКК се дели по коса рамнина на нови ИКК кои во фазата на растење пролизуваат меѓу останатото ткиво (растење по пат на лизгање) со нивна понатамошна т. делба се добива ткиво на кора и дрво кое има неправилен (дифузен) распоред.

Попречна делба на ИКК:

- Преку оваа делба прозенхиматичните ИКК се делат попречно на нови ИК на зраци и хоризонтални смолни канали кои својата изодијаметрична форма ја постигнуваат со растење во радијална насока.
- Со нивна понатамошна т. делба се добиваат трајните елементи (клетки) на д. з. И хоризонталните смолни канали.



Формирање на трајни елементи

- Под трајни елементи ги подразбираме сите клетки кои беа предмет на изучување во рамките на микроскопска градба на иглолисно дрво (трахеиди и паренхимски кл.) и лисјарско дрво (трахеи, дрвни влакна, трахеиди, паренхим и преодни форми од наведените)
- Сите се настанати како резултат на т. делба на ИКК по која следи фаза на растење, фаза на задебелување на кл. Мембрана и фаза на лигнификација (сите 4 развојни фази)

Фаза на растење

- Се одвива многу брзо поради големата еластичност на првичната мембрана и се одвива во сите насоки до степен на предодреденост за извршување на соодветна фаза, крајот на оваа фаза го означува формирањето на примарниот сид на кл. Мембрана кој е тенок и еластичен но во помала мерка во однос на првичната мембрана.

Фаза на задебелување на кл. Мембрана

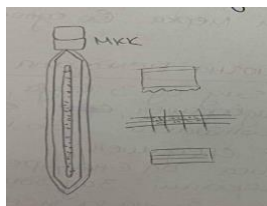
- Означува формирање на секундарен сид од 3 слоја: надворешен, средишен и внатрешен. Надворешен е до примарен сид, внатрешен е во контакт со жива содржина на клетката, меѓуслој е средишен;
- Кај некои видови како липа и тиса од внатрешна страна на внатрешен слој се формираат задебелувања кои даваат дополнителна еластичност на кл. Мембрана.

Фаза на лигнификација

- Последна развојна фаза во рамките на кој се “троши” живата содржина и истата во форма на лигни се инкрустрира (таложува) во шуплините на скелетот на кл. Мембрана, по што клетката е изградена од целосно формирана кл. Мембрана и лумен (шуплина) односно станува мртов елемент способен за извршување на една од функциите (спроводна, складишна, механичка)

Сите 4 фази се одвиваат за време на ист вегетационен период (март, септември, октомври).

Исклучок од наведеното се јавува кај паренхимските клетки кои се во зона на беловина, се живи елементи способни да се делат а со нивно навлегување во срцевината стануваат мртви клетки.



Микроскопска градба на клеточна мембрана

Трајните елементи кои ги поминале 4-те фази имаат релативно дебела кл. Мембрана, особено изразена кај клетките со механичка ф-ја(механички). На местото каде што се допираат два трајни елементи се формира интерцелуларен слој.

Клеточна мембрана (на светлосен микроскоп 2000 пати зголемена) → примарен и секундарен сид.

Примарен сид е еднослоен

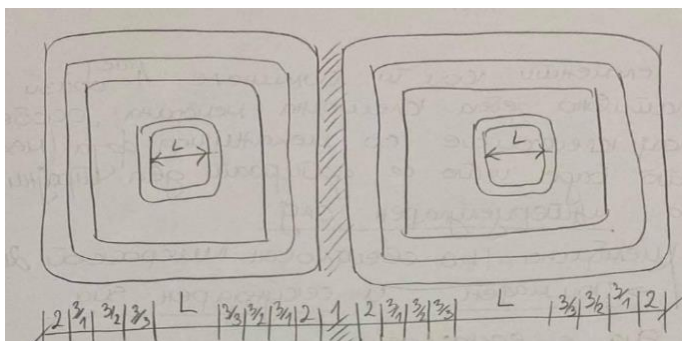
Секундарен слој е значително подебел, има 3 слоја (надворешен, средишен и внатрешен)

Надворешен е веднаш до примарен сид на кл. Мембрана, средишен е најдебел, променлив, внатрешен го опколува луменот на клетката.

Кај некои видови од внатрешна страна на внатрешен слој се јавуваат задебелувања кои дополнително ја зголемуваат еластичноста на кл. Мембрана.

Од хемиски аспект интерцелуларниот слој е изграден од: лигнин, пектин и хемицелулоза.

Примарниот сид во својот состав покрај наведените 3 компоненти содржи и целулоза која го прави еластичен, нетоплив, како што е случајот со интер. Слој кој во процесот на мацерација се топи и клетките се раздвојуваат, примарниот сид не е таков, секундарен сид е составен од целулозен скелет, во чии шуплини се наоѓа лигнин, хемицелулоза, танини, смолни материи.



Попречен пресек на 2 соседни трајни елементи

1. Интерцелуларен слој
 2. Примарен сид
- | | | | |
|-----|---|-----------------------------------|----------------|
| 3/1 | 3 | надворешен слој од секундарен сид | секундарен сид |
| 3/2 | | средишен слој од секундарен сид | |
| 3/3 | | внатрешен слој од секундарен сид | |
- L – лумен

Белези на клеточна мембрана

Во група на белези на кл. Мембрана ги вбројуваме :

- Пори и задебелување

Пори претставуваат незадебелени места на кл. Мембрана преку кои соседните елементи (клетки) комуницираат меѓу себе односно преку нив се врши размена на материји, за да се случи роа порите треба да бидат една спроти друга односно да се формираат парови на пори во спротивно кога спроти пората од едниот елемент постои целосна мембрана од другиот постои(егзистира) т.н. слепа пора.

По својата градба може да бидат: прости и дворчести пори.

Прости се изградени од порус во секундарен сид на кл. Мембрана додека дворчести пори се изградени од порус, торус и марго на кој е поставен торусот.

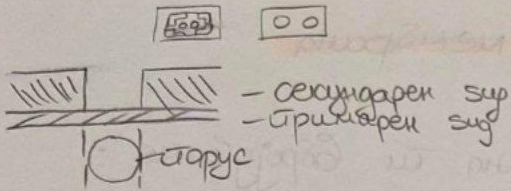
Простите пори е застапени кај паренхимски клетки, а се среќаваат и на места каде паренхимски клетки комуницираат со др. Видови на клетки (трахеи, трахеиди).

Дворчести пори се карактеристични за трахеиди, трахеи и др. Елементи.

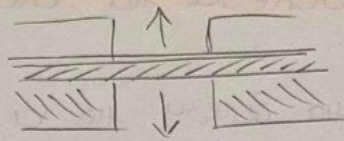
Задебелување на кл. Мембрана се формира на внатрешен слој од секундарен сид во рамките на 3-та фаза на трансформација и во значајна мерка ја зголемуваат еластичноста на кл. Мембрана а со тоа и еластичноста на дрвото како материјал.

Тие се одлика за многу тропски видови, а кај нашите се застапени кај *Tilia* , *Taxus*.

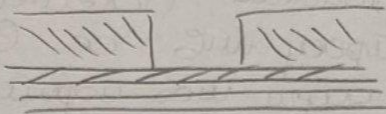
Задебелувањата може да се јават како прстенести, спирални и скалести.



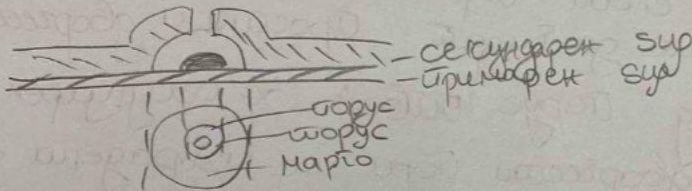
Үрөснiтi Үрөтi



Үрөтi җа Үрөснiтi Үрөтi



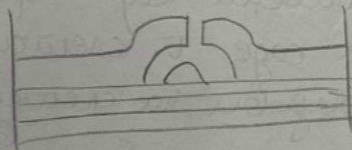
снелi Үрөснiтi Үрөтi



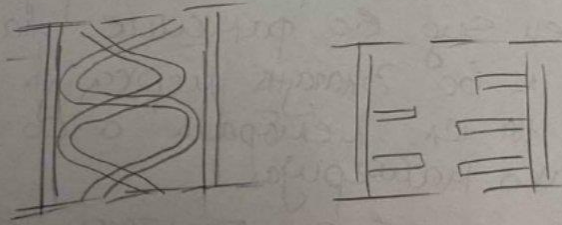
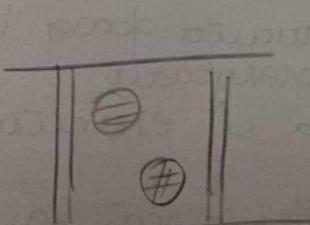
дворгеснiтi Үрөтi



Үрөтi җа дворгеснiтi Үрөтi



снелi дворгеснiтi Үрөтi



Годишен прстен

Деф. , возраст, формирање. Градба, ширина

Годишни прстени претставуваат концентрични наслојувања на секундарно дрво за време од една вегетациона периода по цела должина на дебло и гранките.

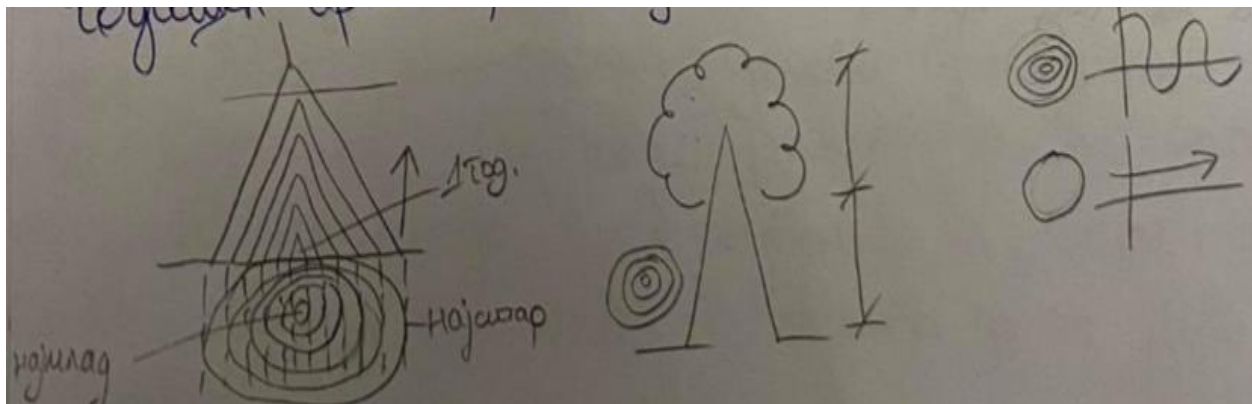
Карактеристика е за видови кои растат во подрачје во умерена и студена клима, каде камбијум се дели периодично;

Кај дрвни видови кои растат во одделни делови на тропски подрачја каде камбијум се дели концентрирано за време на вкупнит развој на дрвенастото растение, се формира само едно концентрично наслојување.

Периодичноста во делување на камбијум овозможува формирање на граници на год. прстени кои овозможуваат нивно броење на П.П. на било која висина на стеблото.

Со одредување на број на год. прстени што е можно пониско до основа на стеблото (до земјина површина) се одредува и возраста на стеблото (бројот на г.п. е еднаков на возраста) со оддалечување од основа кон врв на стебло број на год. прстени се намалува така што веднаш под врвот се утврдува еден год. прстен.

Од анатомска гледна точка најмлад е прво формиран годишен прстен, а највозрасен последно формиранот.



Годишни прстени се формираат во рамките на тангенцијална делба на камбијални клетки, односно секундарно дрво за време на една вегетациона периода го зголемува дијаметарот на деблото (стеблото) за големина на својата ширина.

Градбата е карактеристична за секој вид посебно, таа е генетска карактеристика.

Сепак во глобала иглолисните видови се карактеристика со поедноставна и симетрична градба со мал број на клетки (трахеиди, паренхимски клетки) така што симетричноста во поголем број на случаи е нарушена со смолни канали.

Кај лисјарските видови прстенесто порозни се одликуваат со крупни трахеи во зона на рано дрво Р.Д. кои формираат прстен и ситни трахеи во доцно дрво Д.Д. додека кај дифузно порозни видови големината на трахеите постепено се намалува одејќи од зона на рано кон зона на доцно дрво.

Ширина на год. прстен во значајна мерка го условуваат квалитетот на дрвото и истата зависи од дрвниот вид (брзорастечки, спорорастечки), висина на пресек, возраст на стебло, делување на факторите на растењето како што се:

-едофски(почвени)

- климатски (Т, влага)

-орографски (конфигурација) и

- биотски (човек, природа).

Секој од овие фактори е вектор кој се состои од голем број на основни фактори, а земени сите заедно формираат неограничен број на комбинации, кои се јавуваат како стимулатори на камбијална активност, што директно влијае врз промена на ширина на годишен прстен.

наведените два услови на тили во прв ред се застапени кај бука, даб, багрем, црница, јасен.

Општо земено тилите ја зголемуваат природната трајност на дрвото, но едновремено го намалуваат пермабилитетот односно пропустливост на дрвото за гасови и течности со што се намалува можноста за хемиска заштита на дрво кај буково дрво односно при инпрегнација. Кај иглолисни видови честопати волуменот на смолните канали се среќаваат како искинати п. Клетки и трахеи.

Смолните канали претставуваат интерцелуларни простори исполнети со смола која од хемиски аспект претставуваат раствор на смолни киселини во терпентинско масло.

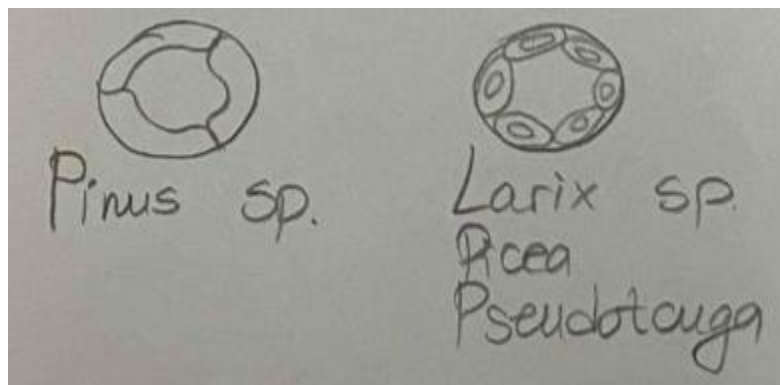
Се формираат шизогено(со цепање на интерцелуларни слоеви) и лизогено(со разлагање, разложување на ин. Слоеви од паренхимски кл.) доколку се цепат/разложуваат инт. слоеви од аксијален паренхим се формираат аксијалните смолни канали, а доколку се цепат/разложуваат инт. слоеви од хоризонтален паренхим се формираат хоризонтални смолни канали, взаемно вертикални и хоризонтални смолни канали образуваат единствен смолен систем во дрвото. Смолата може да се јави како:

- Интерцелуларна (во смолни канали)
- Интрацелуларна (во лумени на епителијални клетки)

Градба на смолни канали од аспект на формата, дебелината и бр. На епителијални клетки околу смолен канал е од значење при идентификација на одделните видови од родот *Pinus* епителијални клетки околку смолен канал е со полумесечеста форма, тенки мембрани и се со 5 на број. *Larix* и *Picea* еп. Клетки се со елипсовидна форма со дебела мембрана и повеќе од 5 на број.

Освен нормалните смолни канали во градба на иглолисно дрво може да се сретнат т.н. трауматски смолни канали кои се резултат на механички промени или се предизвикани од патолошки промени (габи делуваат на дрвото).

Трауматски смолни канали од нормални канали се разликуваат со тоа што се покрупни, вертикални, секогаш формираат тангенцијални низи.



Беловина, срцевина и зрело дрво

Стеблата од лисјарски и иглолисни видови кои минале низ фази на развој младост и зрелост на П.П. од стеблото формираат 2 зони – беловина и срцевина.

Беловината го зафаќа периферниот дел од П.П. на стеблото, додека срцевината централен дел а двете зони се разликуваат по тоа што трахеите од зона на беловина и аксијални трехеиди од зонаа на рано дрво ја извршуваат својата спроводна ф-ја (вода од почва до листови) додека во зона на срцевина се исполнети со тили или др. Продукти наместо спроводна вршат и механичка ф-ја, а паренхимските клетки во зона на беловина се живи клетки со жива содржина, во срцевината се мртви и извршуваат механичка ф-ја.

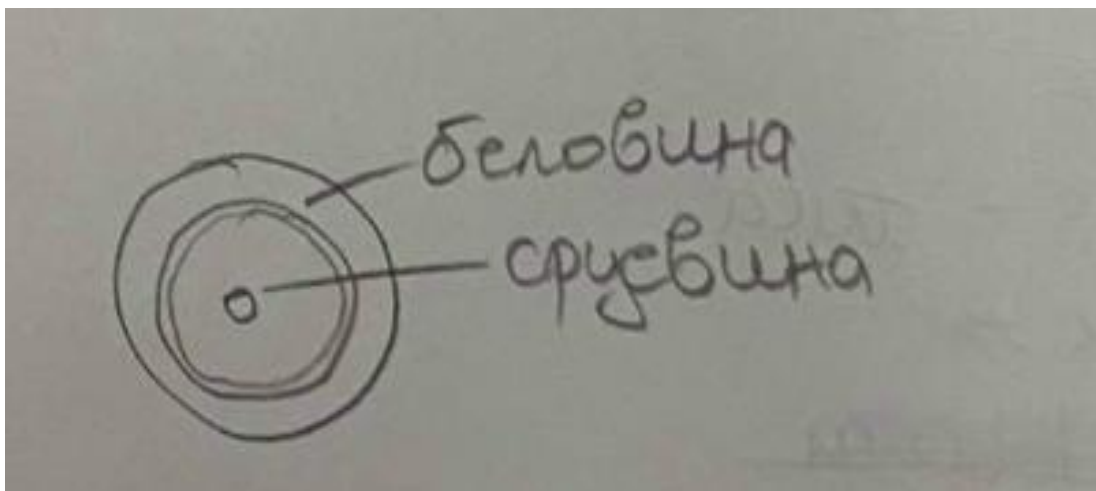
Сите видови кај кои постои разлика во бојата меѓу беловината и срцевината ги групираме како:

- Јадричави видови (*Juniperus*, *taxus*, *larix*, *pinus*, *quercus*, *castanea*, *morus*, *robinia pseudoacacia*, *platanus*, *juglans*, *populus alba*, *salix alba*);

Сите видови кај кои не постои разлика во боја, беловина и срцевина ги групираме како:

- Бакуљави видови (*Abies*, *pinea*, *fagus*, *quercus acer*, *ostrya carpinofolin*, *tilia*, *Betula*, *alnus*, *populus*, *salix*);

Кај двете групи се појавува т.н. зрело дрво кое содржи влага , повеќе и од беловината со тоа што кај бакуљави видови (ела, смрча, бука, бреза) е лоцирано во централен дел на пресекот, а по боја не се разликува од останатиот дел на пресек додека кај јадричави видови (смрча, јасен, бреза) зрелото дрво е сместено меѓу беловина и срцевина, по боја посветло од срцевина, а потемно од беловина.



Субмикроскопска градба на клеточна мембрана

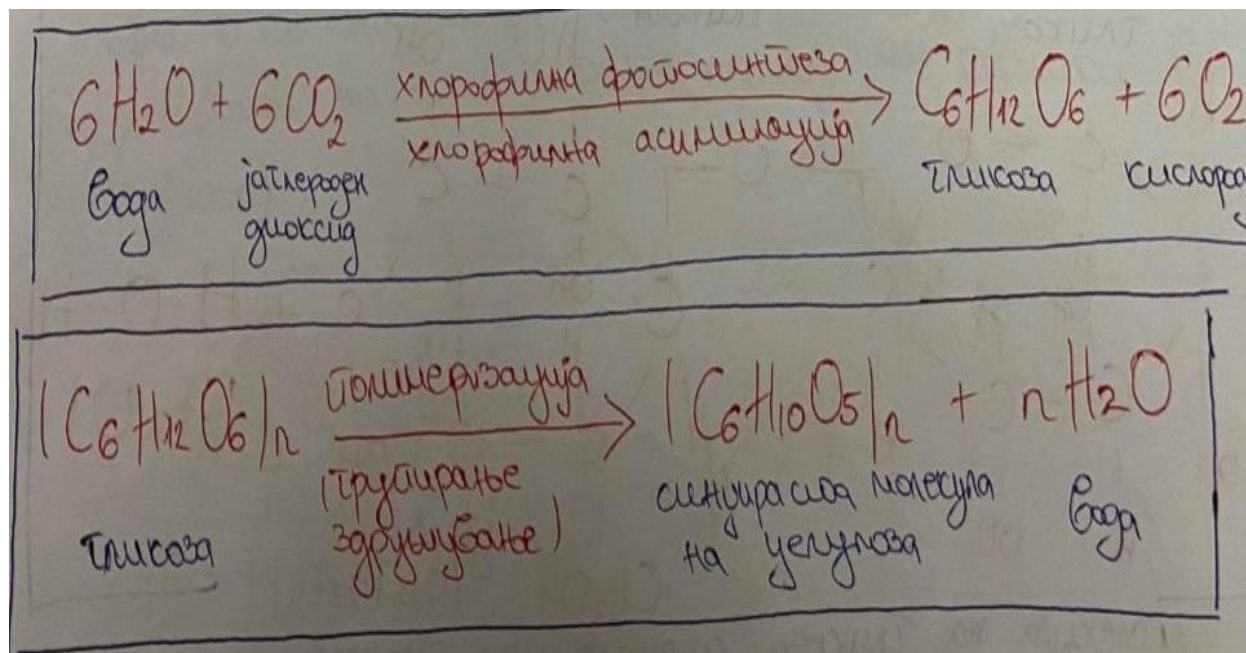
Ако при одредување на микроскопска градба на дрво се користи микроскоп кој зголемува 2000 пати, при субмикроскопско одредување се користи електронски микроскоп кој зголемува преку 200 000 пати. Обичен микроскоп е систем од 2 леќи, електронски микроскоп- зголемување настанува со електромагнетно поле, а светлосните зраци ги прима снопот.

Субмикроскопска градба шреставува збир (комбинација од хемиски состав на клеточна мембрана и нејзини видливи делови).

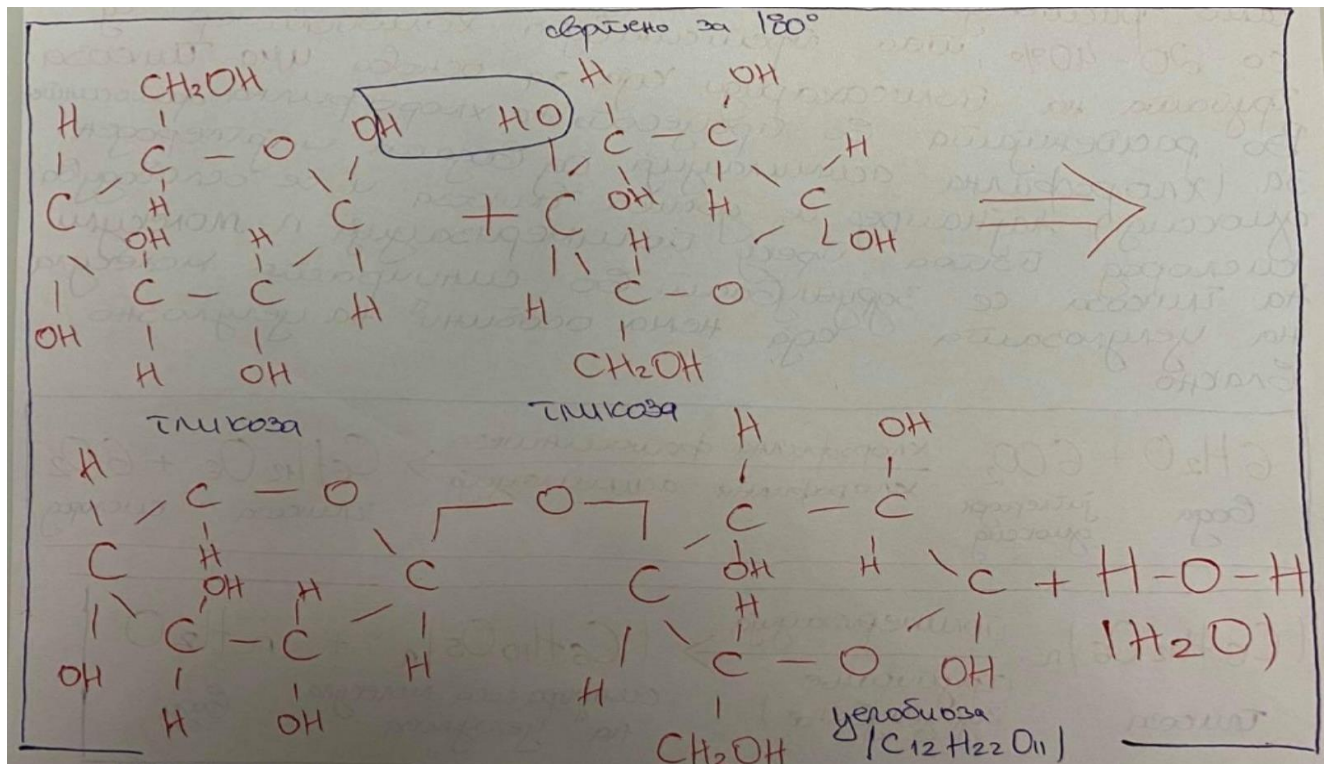
Од аспект на хемиски состав кл. Мембрана е изградена од: целулоза, лигнин, хемицелулоза.

Целулоза е органска материја која ја произведуваат само растенијата и во градбата на дрво учествува со 20-40%, таа претставува хомополимер од групата на полисахариди која за основа има гликоза.

Во растенијата во процесот на хлорофилна фотосинтеза (хлорофилна асимилација од водата и јаглероден диоксид) најнапред се добива гликоза и се ослободува кислород потоа преку полимеризација n молекули на гликоза се здружуваат во синџиреста молекула на целулозата која нема особина на целулозно влакно.



Во процесот на полимеризација од значење е формирање на целулоза како меѓу продукт кој настанува со спојување на две молекули на гликози, во која гликозните остатоци се свртени еден према друг за 180 степени/ состојба која што се јавува во рамките на синцираста молекула на целулоза кај која број на полимеризација (n) е мн. Висок, достигнува 9.000-12.000, меѓутоа поради осетливоста на кислородниот мост од кинење при самото броење од електронски микроскоп тој број многу тешко се утврдува.



Околу 100 синцирасти молекули на целулоза паралелно поставени и решеткасто поврзани формираат кристалити со здружување на по околу 20 кристалити се формира микрофибрил како структурна единица на кл. Мембрана а тие пак околу 250 формираат макрофибрили коишто го имаат значењето на целулозни влакна (техничка алфацелулоза).

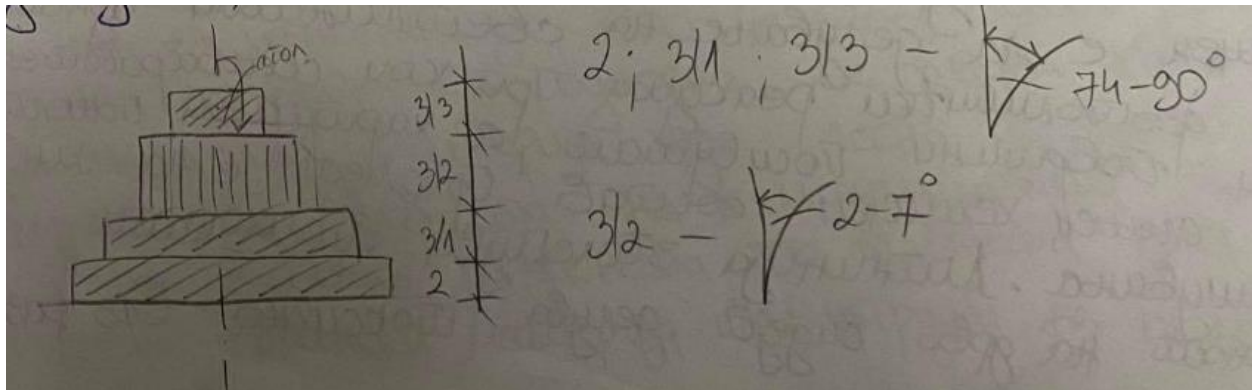
Групирање на целулозни влакна, односно макрофабрили, доведува до формирање на ламели, од истите настануваат примарниот и секундарниот сид на кл. Мембрана.

Во рамки на примарниот сид учествуваат 1 до 2 ламели, додека во секундарниот нивниот број може да изнесува до 160 ламели.

Микрофибрили во пооделни слоеви и сидови на кл. Мембрана се различно потавени. Во примарен сид надворешен и внатрешен слој на секундарен сид микрофибрилите се испреплетено поставени и со надолжна оска формираат агол од 74 до 90 степени додека

во средишен слој на секундарен сид тие се поставени скоро паралелни со оската и формира агол од 2-7 степени.

Ако се земе во предвид дека средишниот слој на сек. Сид е најдебел, микрофибрилите во истиот се под агол од 2-7 степени тој е носител на физичките и механичките својства на дрвото односно и со најмалку изразена анизотропност(однесување на ист начин, со најмали разлики во однесување).



Од аспект на технички својства целулоза е влакнеста материја без мирис, вкус, не се раствора во органски растворувачи и вода, подложна е на делување на сулфурна, сулфуреста, фосфорна и азотести реагенси кои се користат во хемиска преработка на дрвото; целулозата целосно се раствора во Швајцеров реагенс ($\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2$) – бакарен амониум хидроксид.

Чиста целулоза во природа не постои, како најчиста 96% се смета целулоза која ја содржи памучно влакно. Содржина на целулоза во дрвото е мн. Варијабилна и зависи од дрвен вид, негова возраст дел од стебло, зона на г. Прстен (р.д. и д.д.), дел од кл. Мембрана(примарен и секундарен сид).

Во таа насока повеќе е застапен кај иглолисни видови зона на г. Прстен, повозрасни видови, во дебло зона на секундарен сид во однос на примарен сид повеќе е застапен кај иглолисни видови.

Втора по значење во група на кл. Мембрана е лигнин-сложено органско соединение кое во градбата на дрвото е застапено со околу 30% од маса на апсолутно суво дрво претставува хетерополимер во чија градба учествува јаглерод, кислород, водород и секогаш се присутни метоксилни групи, тоа е жолтеникава аморфна супстанца, кој не се раствора во вода и орг. Растворувачи а е отпорен на делување на реагенсите кои ја распаѓаат целулозата односно останува нераспадната компонента при хидролиза на дрвото. Подлежен е на делување на светлината односно на т.н. фотолитички реакции при кои свежообработени дрвени површини посивуваат, а хартијата пожелтува; со многу сложен хемиски состав предмет е на многу истражувања. Лигнин ја зголемува

биолошката стабилност на дрво бидејќи делува токсично врз развој на многу микроорганизми. Неговото присуство во градба на дрвото е варијабно и зависи од дрвниот вид, возраста, дел на стебло, год. прстен, дел на кл. Мембрана, повеќе застапен кај лисјарски видови (во Р.Д. стебло во интерцелуларен слој, прим. Сид на кл. Мембрана).

Улога на целулозата и лигнин во градба на дрвото а во рамките на стоечкото стебло и дрвните носачи може да се спореди со улога што ја има арматурата и бетонот.

Ако во армирано бетонски носачи арматурата ги презема напрегањата на истегнување, а бетонот ги презема напрегањата на притисок кај дрвни носачи напрегања на истегнување ги презема целулозата а напрегање на притисок ги презема лигнин и делува како бетон.

Хемицелулоза во градба на кл. Мембрана е трета компонента по значење и во градба на иглолисно дрво учествува со околу 23% а во градба на лисјарско дрво со околу 26%, претставува полимер кој се јавува како пентазан- група на шеќери кој за основа ја има пеннтозата и хексозан кој за основа ја има хексозата.

Бројот на полимеризација во двата случаи е многу мал и изнесува до 200 што условува нејзина аморфност, односно се јавува како бела прашкаста материја која лесно се распаѓа. Улогата на хемицелулозата во растенијата не е точно разјаснета па се смета како пред резервна органска материја при изградба на кл. Мембрана.

Влијание на ширина на годишни прстени врз технички својства на дрвото

Вкупна ширина на г.п. е збир од ширина на рано дрво и ширина на доцно дрво.

Односно во група на технички својства на кои влијае промена на технички својства ги вбројуваме порозност на дрвото, густина, механички својства (јакост на притисок, свиткување, јакост на лепење, удар...).

Повисоките мех. Својства условуваат повисок квалитет на дрвото и обратно пониски мех. Својства условуваат понизок квалитет.

Рано дрво е претежно изградено од тенки мембрани и широки лумени, тоа условува поголема порозност а помала густина во споредба со доцно дрво, поголемата порозност помала густина, од др. Страна влијае р.д. да има пониски механички својства и понизок квалитет во споредба со доцно дрво.

Доминацијата на една од овие зони означува повисок квалитет (кога доминира зона на Д.Д.) односно понизок квалитет кога доминира зона на рано дрво.

КАЈ ИГЛОЛИСНИ ВИДОВИ

- Fam. Pinaceae (gen. pinus, picea, abies)
- Fam. Cupressaceae (gen. Cupressus, Juniperus)
- Fam. Taxaceae (gen. Taxus, sp. Taxus Bacata)

Досегашните искуства покажале дека со намалување на ширина на год. прстен се зголемува учество на д.д. согласно претходно кажаното; за иглолисни видови може да се изведе следната глобална констатација:

- **Со намалување на ширината на год. прстени до одреден оптимум расте учеството на зона на д.д. што условува намалување на порозноста а зголемување на густината, мех. Својства и квалитет на дрвото односно со зголемување на ширина на год. прстени се зголемува учеството на р.д. кое условува зголемување на порозноста, а намалување на густината, мех. Својства и квалитет на дрвото.**

На основа наведена констатација се објаснува високиот квалитет на дрва маса која ја продуцираат иглолисните видови кои растат во подрачја на Северна Европа и високо планински региони на Централна и Јужна Европа кои се одликуваат со кратки вегетациони периоди во рамките на кои се формираат тесни год. прстени а во која доминира зона на Д.Д.

Исклучок од наведената глобална констатација се јавува кај Дуглоазија кај која не постои јасна зависност(корелација) меѓу промена на ширината на год. прстени и технички својства на дрвото.

Кај лисјарските видови воспоставување на корелација меѓу ширината на технички својства на дрвото зависи во прв ред на припадноста на видот (прстенесто или дифузно порозни)

Кај прстенесто-порозни видови кај кои постои можност да се одреди ширина на р.д. и д.д. досегашното искуство и истражувања покажале дека со зголемување на ширината на год. прстен се зголемува доминацијата на д.д., ова согласно изнесеното дава можност за формулација на следната глобална констатација:

- Кај прстенесто порозни видови со зголемување на ширина на г.п. до одреден ортимум расте учеството ширина на д.д. која условува намалување на порозност а зголемување на густина, мех. Својства и квалитет на дрвото. Односно со намалување на ширина на г.п. кај прстенесто порозни видови расте учество на рано дрво што влијае врз зголемување на порозноста а намалување на густината, мех. Својства и квалитет на дрвото.

Со оваа глобална констатација се објаснува високиот квалитет на дрвото од славонскиот даб (quercus robin) кој расте во подрачја покрај Сава и Дунав кои се одликуваат со долг вегетационен период во рамките на кои се формираат широки год. прстени во кои доминира зона на д.д.

Исклучок од ова е прстенесто порозен вид брест (Ulmus).

Кај дифузно порозни видови:

- Populus, salix, alnus, Betula, acer, ostrya, carpinifolia, juglans, tilia, fraxinus, platanus, quercus coccifera.

Поради неможноста да се одредат ширината а р.д. и д.д. а условено од анатомска градба односно од дифузен распоред на трахеите можноста за извлекување на глобална констатација е нарушена, не постои, туку за секој вид посебно при одредени фактори наместо растење се вршат посебни испитувања и воспоставуваат посебни корелации.

Лисјарски видови претставници:

- Fam. Fagaceae(fagus, quercus, castanea, castanea sativa), fam. Papilionaceae(robinia, robinia pseudoacacia), fam. Moraceae(Morus), fam. Salicaceae(gen. Salix, Populus), и други. *навратете се кај латинските имиња*

*Рано дрво е од клетки со тенки мембрани и широки лумени, има спроводна ф-ја.

Доцно дрво е од клетки со дебели мембрани и тесни лумени, има механичка ф-ја.*

Групен хемиски состав на дрвната материја и дрвото

Во рамките на групен хемиски состав на дрвната материја влегуваат целулоза, лигнин, хемицелулоза(хемиски компоненти кои ја градат клеточната мембрана). Во групен хемиски состав на дрвото влегуваат:

1. Целулоза, лигнин и хемицелулоза
2. Акцесорни материји – пратечки (танини, етерични масла, смоли, шеќери, бои...)
3. Минерални материји
4. Вода

Елементарен хемиски состав на дрвото

Од аспект на елементарен хемиски состав дрвото е изградено од:

- Јаглерод С (49-50%)
- Кислород О (43-44%)
- Водород Н (6%)
- Азот N (0,2%)

Присуство на овие елементи е скоро исто кај сите дрвни видови па истото нема влијание врз промената на својствата на дрвото, освен овие хемиски елементи во градба на дрвото учествуваат и минерални материји како соединенија на калиум, калциум, магнезиум, сулфур и други, кои заостануваат во пепелот како крајни продукти на согорување. Содржина на пепелот во дрвото изнесува во границите од 0,2-4%. Присуство на минерални материји во градба на дрвото ја зголемува неговата трајност и тврдост.

Систем на субмикроскопски шуплини

Поставеноста на кристалитите, микрофибрилите, макрофибрилите во рамките на кл. Мембрана условуваат формирање на еден систем на СУБМИКРОСКОПСКИ ШУПЛИНИ кои се делат на:

1. **ИНТЕРКРИСТАЛИТСКИ** (интрамикрофибриларни) – тоа се шуплини меѓу кристалитите, а во рамки на микрофибрилите со големина (дијаметар) до 1 нанометар, во овие шуплини навлегува вода која предизвикува зголемување на

димензии на дрвото(бабрење), со испарување на вода од интеркристалитски шуплини дрвото ги намалува своите димензии(собирање на дрвото).

2. **ИНТЕРМИКРОФИБРИЛАРНИ** (интрамакрофбриларни) – со дијаметар до 10 нанометри во овие шуплини се таложи лигнин, во рамките на процесот на лигнификација, а се таложат и танини и др. Продукти на осрцевување – етерични масла, бои, шеќери и др.
3. **ИНТЕРМАКРОФИБРИЛАРНИ** (интраламеларни) – шуплини меѓу макрофбрили а во рамките на ламелите со дијаметар до 60 нанометри, во овие шуплини се движи вода која не предизвикува промена на димензии.

Наведениот систем од шуплини ги овозможува процесите на промена на димензии, лигнификација, осрцевување и др.

