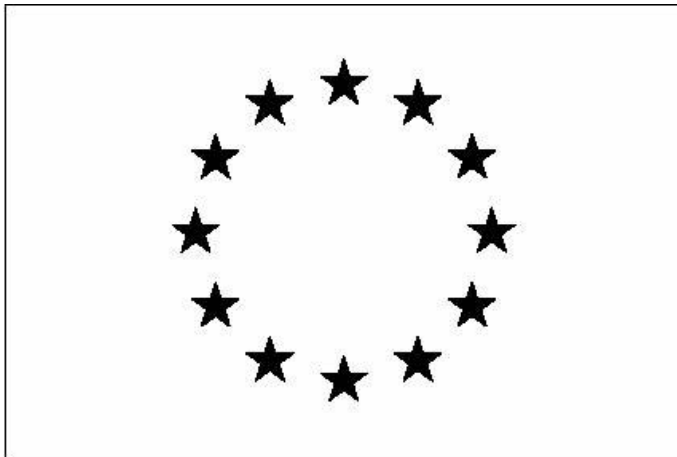


# ÕPPEMATERJAL

## Palkide mahu määramine



Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfond:  
Euroopa investeringud maapiirkondadesse

# PALKIDE MAHU MÄÄRAMINE

Loengumaterjali slaidid

Jüri Järvis

2009

# Alustuseks

On oluline mõista, et mõõtmine on kaubanduses sama oluline nagu raha lugemine. Mõõtmise olulisust ei tasu alahinnata, sest mõõtmistulemus kajastub otseselt kaubakoguse hinnas.

Ümarpuidu (palkide, nottide) mahu määramiseks on mitmeid võimalusi

Kõigepealt meeldetuletuseks pöördkehade valemite ühine komponent ehk **ringi pindala valem** on järgmine:

$$g = \pi d^2/4 \text{ ehk teisel kujul } \pi r^2,$$

kus

$g$  – ringi pindala,

$d$  – ringi läbimõõt, ehk diameeter,

$r$  – ringi raadius.

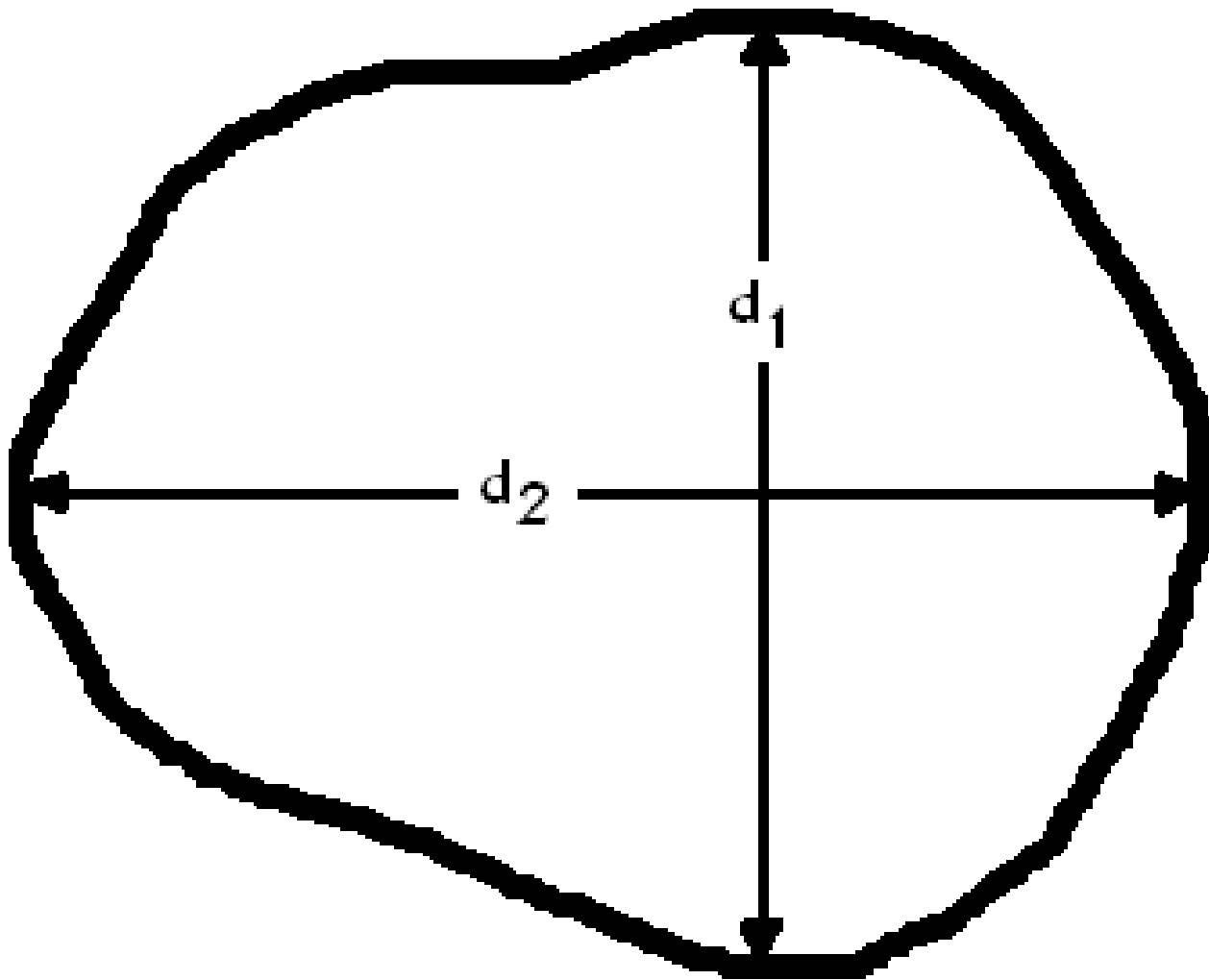
Kui ümarpuidu otspinnad on ringikujulised nagu järgneval fotol, siis piisab ühes suunas diameetrite mõõtmisest





Kui ümarpuidu läbilõiked on lopergused, tuleb diameetri mõõtmisel teha kaks üksteisega ristisuunas mõõtmist ning võtta tulemuseks nende aritmeetiline keskmine

$$d_{\text{keskmine}} = (d_1 + d_2) / 2$$





Järgnevad on enimkasutatavad  
ümarpuidu mahuvalemid

# 1. Silindri mahu valem keskkoha läbimõõdu põhjal

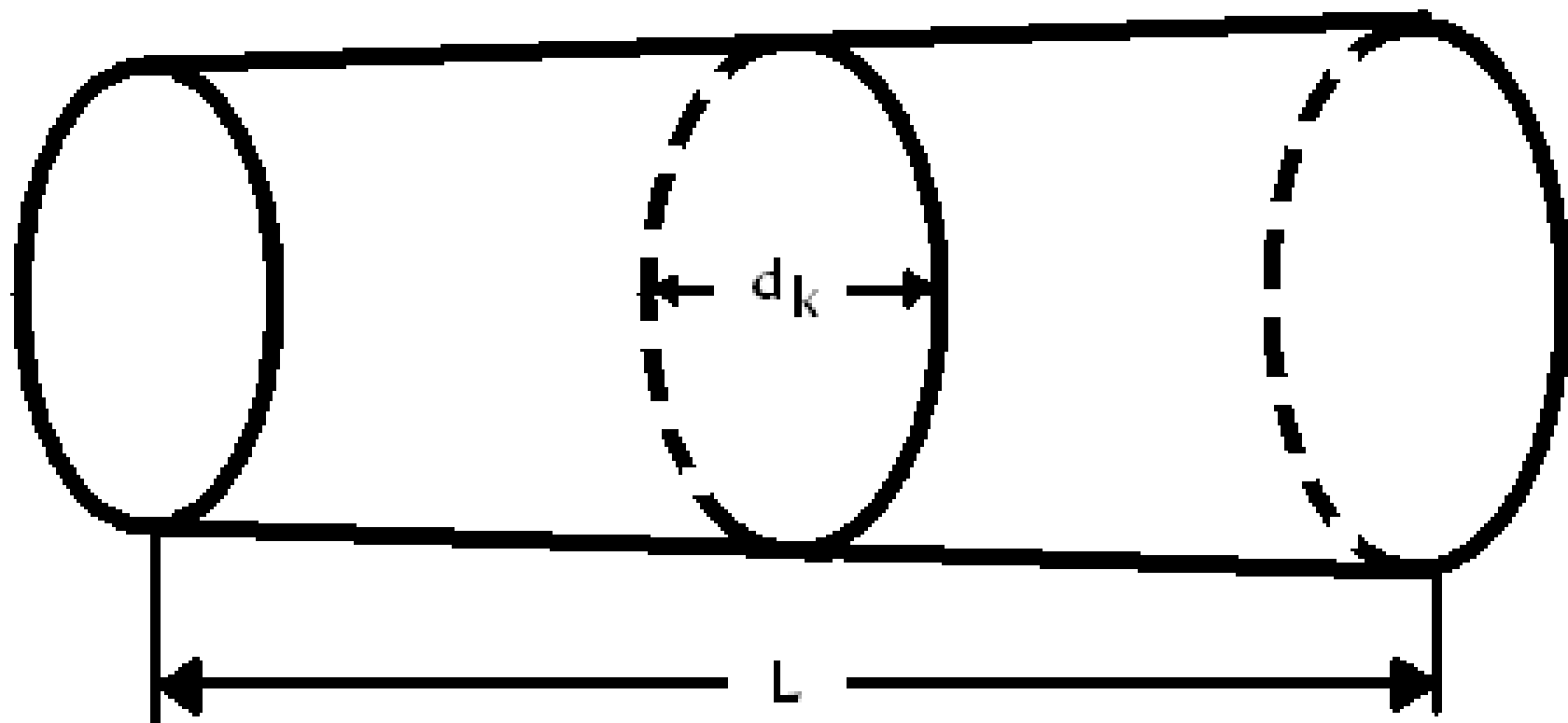
$$V = L\pi d_k^2/4,$$

kus

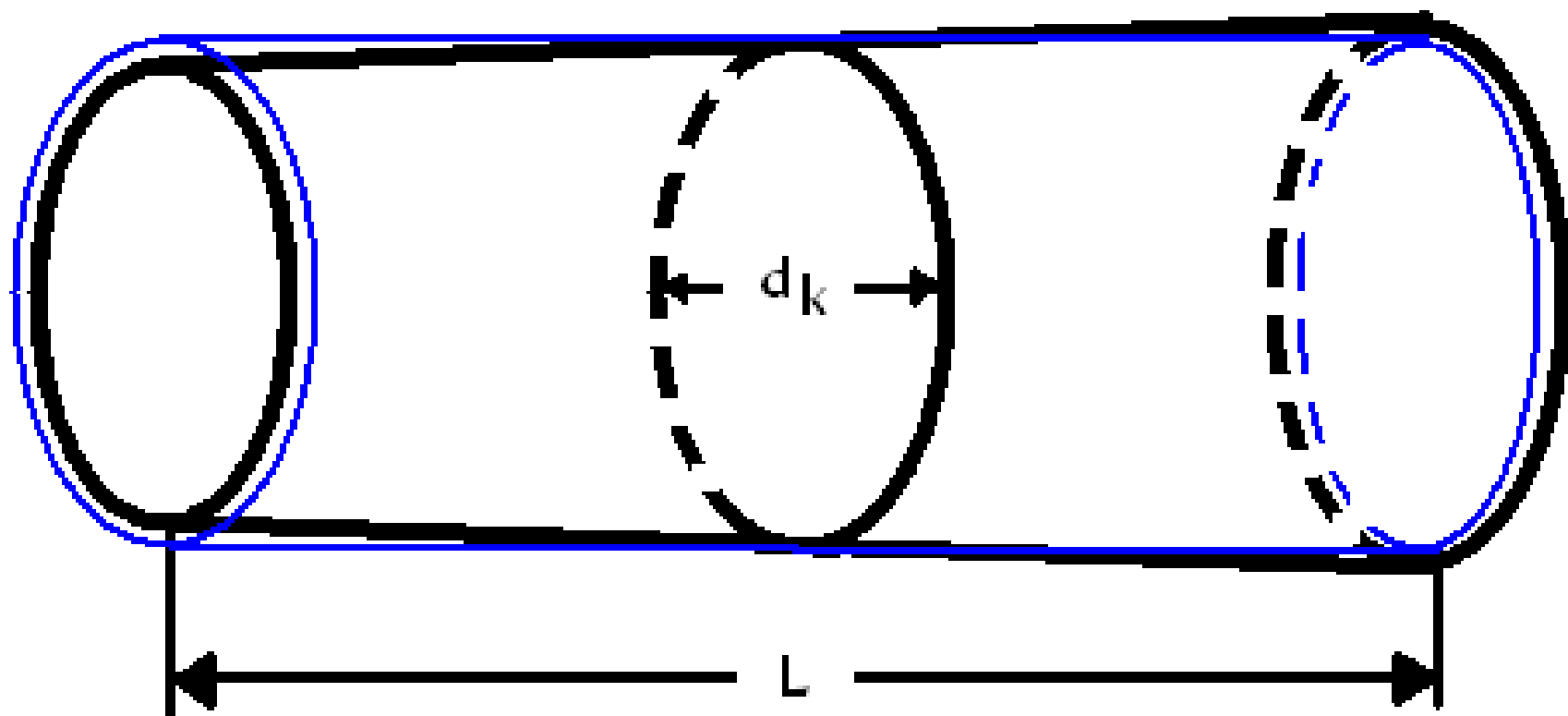
$V$  – noti maht,

$L$  – noti pikkus,

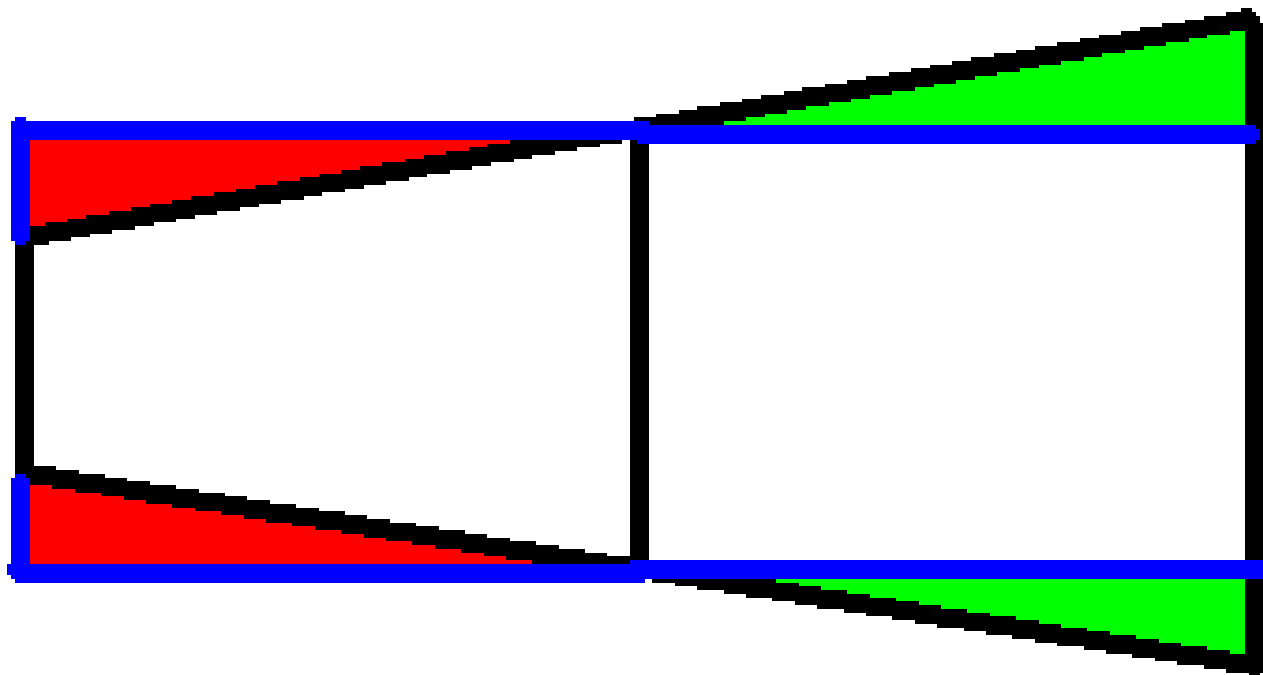
$d_k$  – noti keskkoha diameeter.



Järgmisel joonisel on sinise joonega on kujutatud silinder, mille maht tegelikult palgi keskkoha läbimõõdu järgi arvutatakse



Keskkoha läbimõõdu põhjal saab tegelikust veidi väiksema mahu, sest kujutletavast silindrist ülejääv osa on suurem (suurema läbimõõduga) võrreldes puudujääva osaga. Järgneval palgi läbilõiget kujutaval joonisel on kujutatud väiksem osa punasega ja suurem rohelisega.





Järgneval fotol on ümarpuidukoguse kontrollmõõtmise. Igalt ümarpuidu notilt keskkoha läbimõõdu mõõtmiseks on koorem laoplatsile laiali laotatud. Esiplaanil diameetrite mõõtja pikendatud klupiga. Pikkused mõõdetakse antud juhul mõõdulindist ja kergmaterjalist ridvast valmistatud tööriistaga.



## 2. Otspindade valem ehk tüviparaboloidi mahu valem

$$V = L(\pi dt^2/4 + \pi dl^2/4)/2,$$

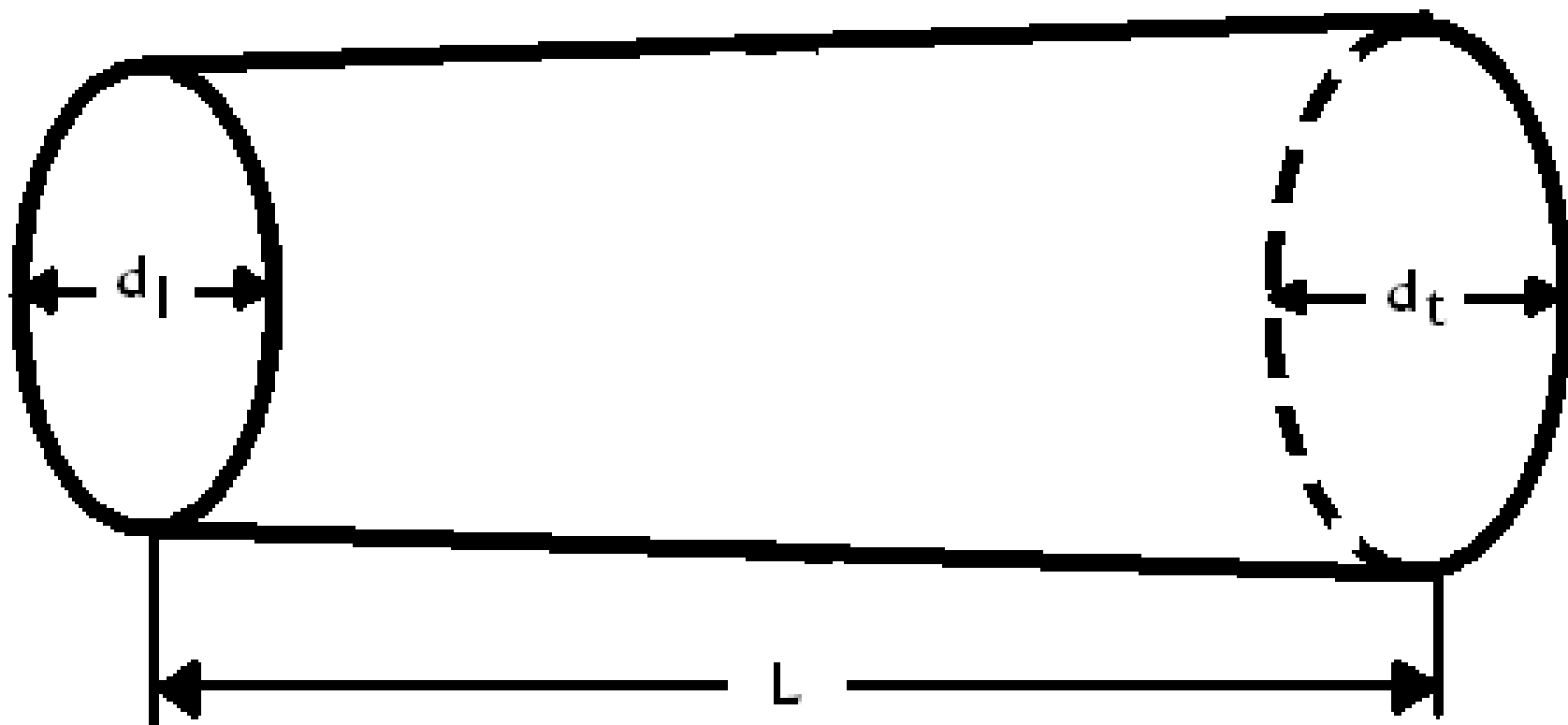
kus

$V$  – noti maht,

$L$  – noti pikkus,

$dt$  – noti tükkaotsa ehk jämedama otsa  
diameeter,

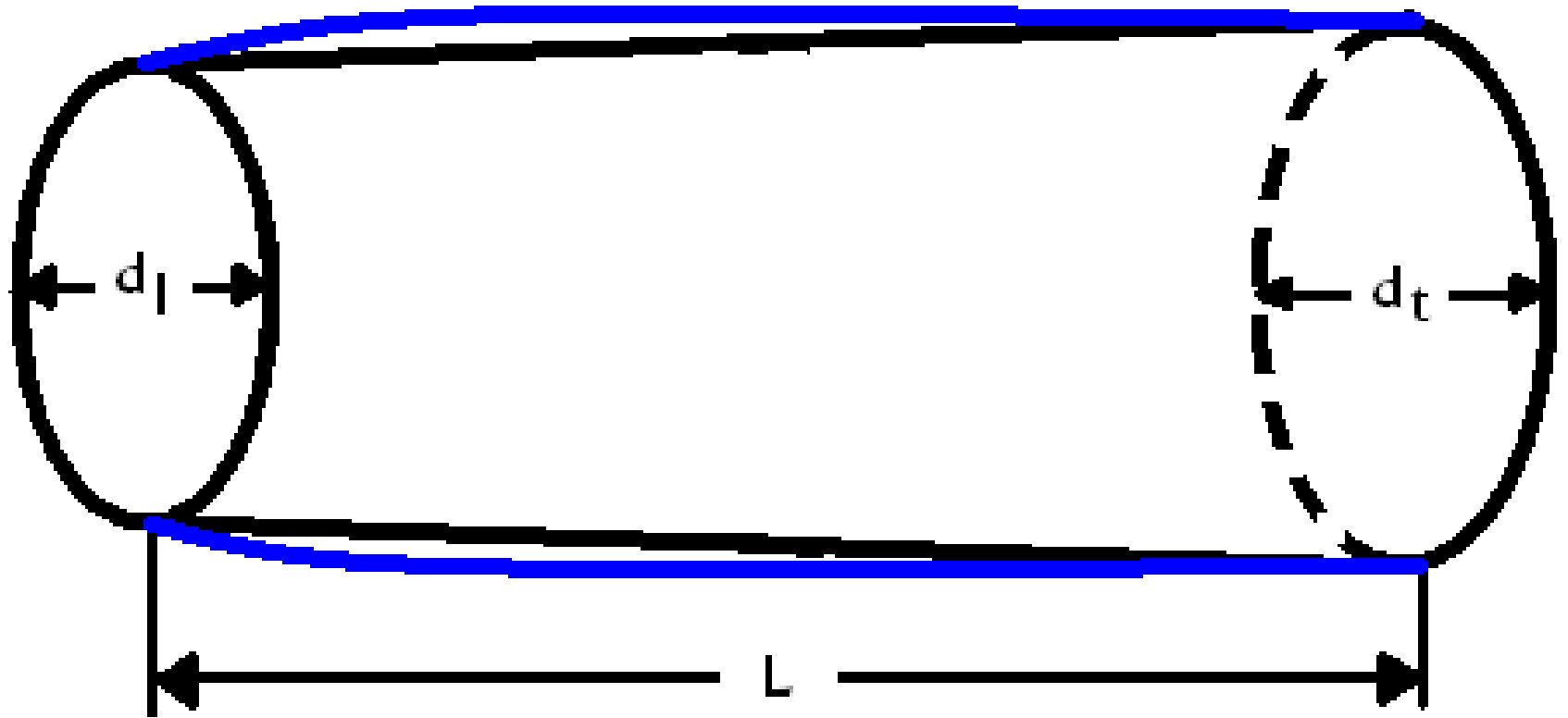
$dl$  – noti ladvaotsa ehk peenema otsa  
diameeter.



Otspindade valemi võib lühemaks teisendada järgmisele kujule

$$V = L\pi (dt^2 + dl^2)/8$$

Tüviparaboloidi valem annab suuremale osale ümarpuidule tegelikust suurema mahu, sest selle väliskuju on kergelt väljapoole kumerduv nagu järgmisel joonisel sinise joonega kujutatud.





Valem sobib üldjuhul puutüvede ülemise osa jaoks, kus on elusvõra. Seal on tüve läbimõõdu vähenemine kõrguse suunas aeglasem, sest sinna kinnituvad elusoksad.

Elusoksad vajavad tüves ruumi ristikiudu oksapuidule ning veidi tugevamat ja rohkemat puitu tuule jõu kompenseerimiseks.

Elusvõrast saadud palkidele sobib üldjuhul tüviparaboloidi valem.

### 3. Tüvikoonuse mahu valem

$$V = L\pi (dt^2 + dtl + dl^2)/12,$$

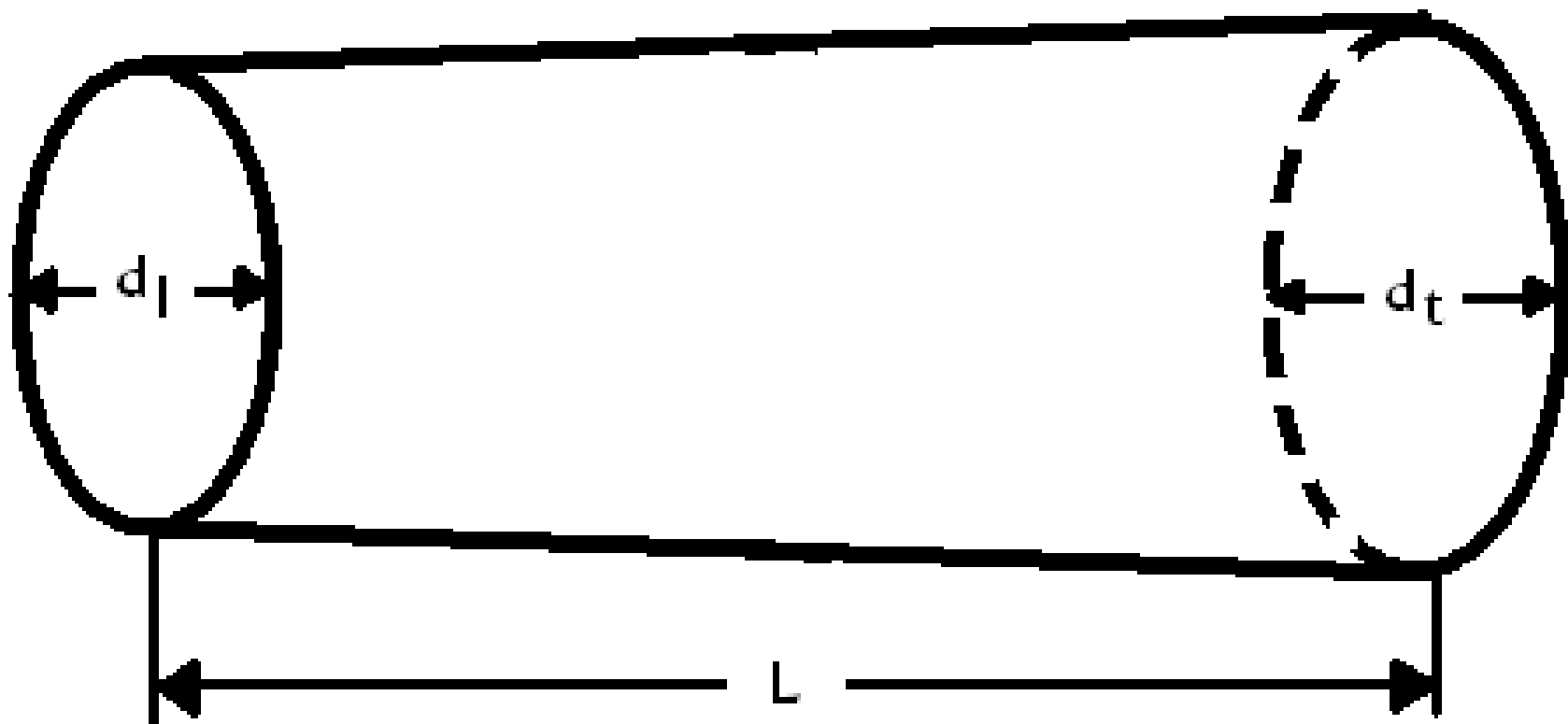
kus

$V$  – noti maht,

$L$  – noti pikkus,

$dt$  – noti tüükaotsa ehk jämedama otsa diameeter,

$dl$  – noti ladvaotsa ehk peenema otsa diameeter.



Tüvikoonuse mahu valem annab ümarpuidule üldjuhul täpseima tulemuse, sest selle kujuga on üldjuhul enamus puutüvest (alustades mõne meetri kõrguselt kuni elusvõra alguseni tüvel)

## 4. Tüvinelioidi mahu valem

$$V = L \pi (d_t^2 + \sqrt[3]{d_1^4 d_t^2} + \sqrt[3]{d_1^2 d_t^4} + d_1^2) / 16$$

kus

$V$  – noti maht,

$L$  – noti pikkus,

$d_t$  – noti tükkaotsa ehk jämedama otsa diameeter,

$d_1$  – noti ladvaotsa ehk peenema otsa diameeter.

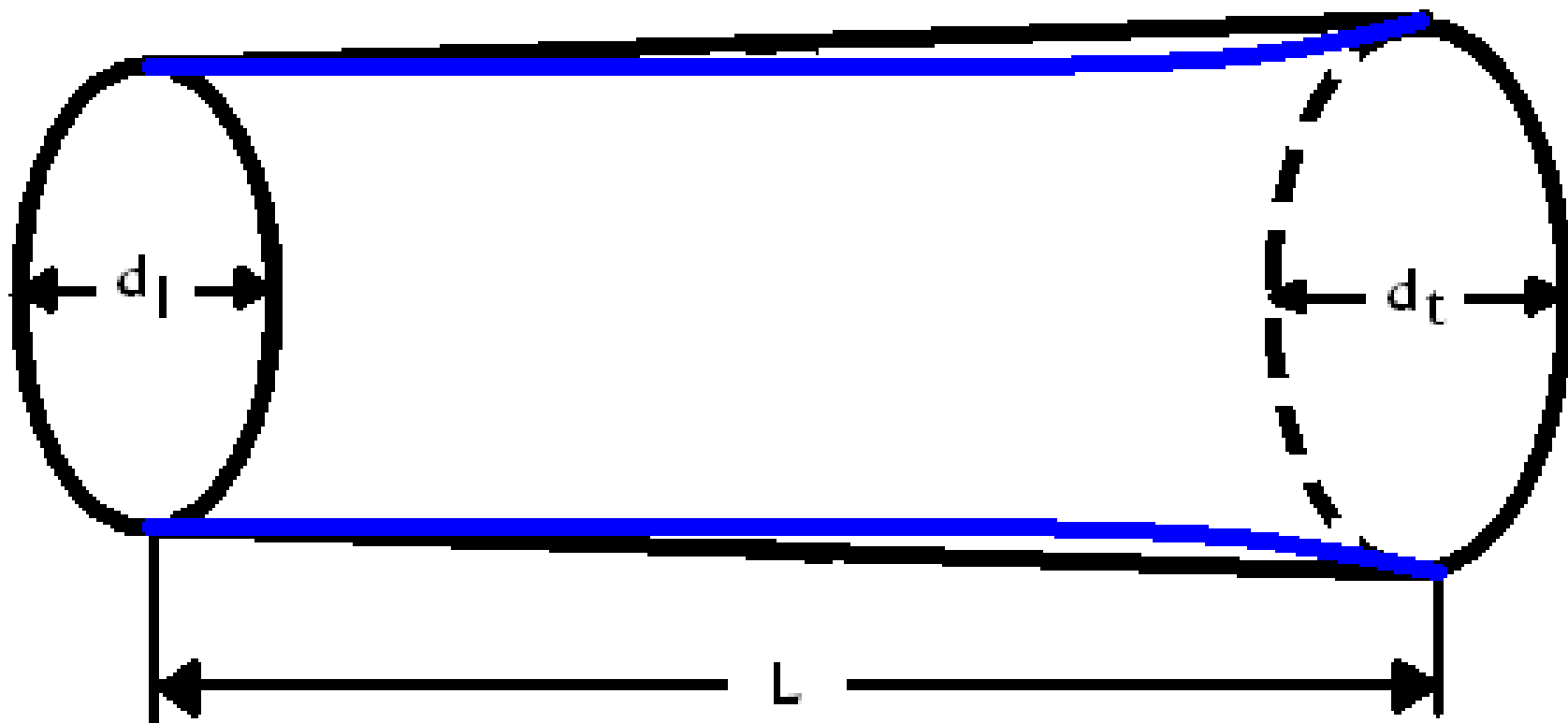
Tüvinelioidi sarnast väliskuju esineb ümarpuidul tüve kõige alumises osas. See on peale puu raiumist alumise palgi alumine ots.

See osa tüvest on sageli laienenud, sest sinna langeb kangi jõuõla põhimõttel kõige suurem paindekoormus, mida põhjustab tuul võras.

Tüvinelioidi valemite praktikas enamasti ei kasutata.

Tüvinelioidi valem annab suuremale osale ümarpuidule tegelikust väiksema mahu, sest selle väliskuju on kergelt sissepoole kumerduv nagu järgmisel joonisel sinise joonega kujutatud.





# Järgnevalt kokkuvõtteks pöördkehade üldvalemid

Silinder  $V = gh$ ,

Teise astme paraboloid  $V = gh/2$ ,

Koonus  $V = gh/3$ ,

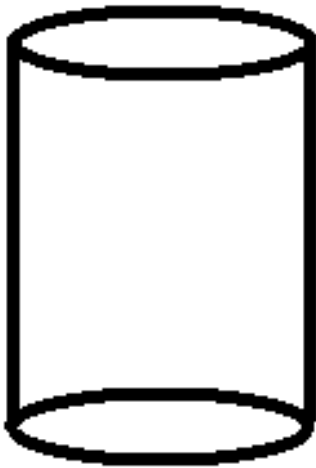
Nelioid  $V = gh/4$ ,

kus

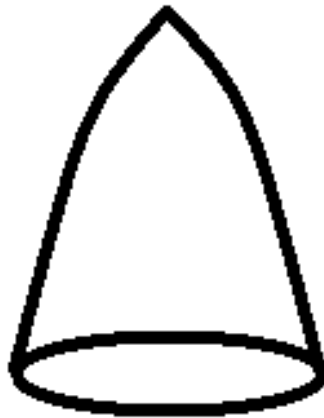
$g$  – pöördkeha põhjapindala,

$h$  – pöördkeha kõrgus.

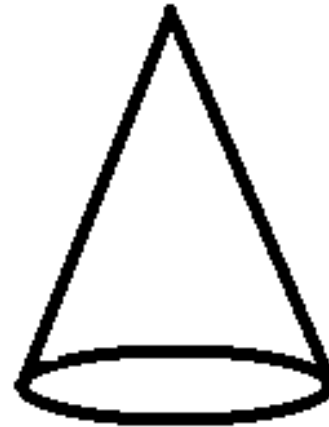
# Pöördkehad



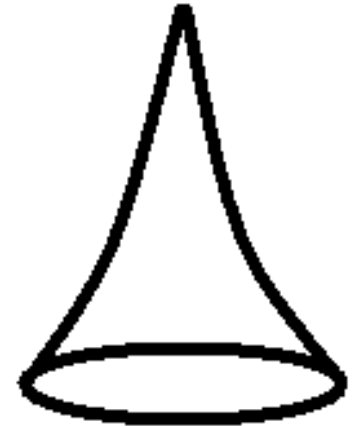
SILINDER



PARABOLOID

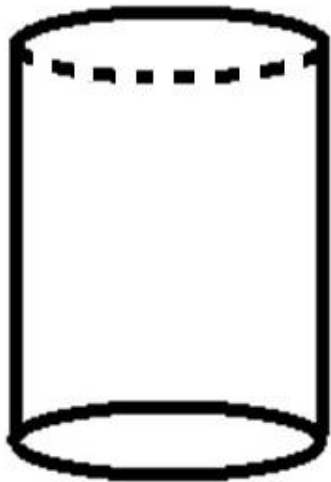


KOONUS

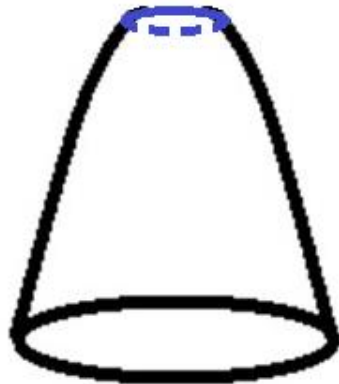


NELIOID

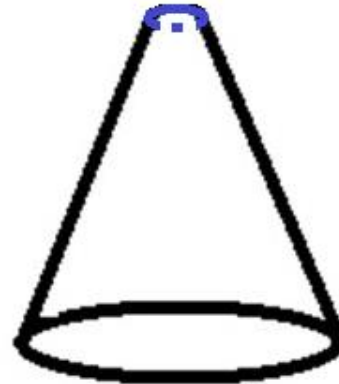
# Pöördkehadele vastavad tüvipöördkehad



SILINDER



TÜVIPARABOLOID



TÜVIKONUS



TÜVINELIOID

## 5. Prof. Nilsoni palgimahu valem (peenema palgiotsa läbimõõdu järgi)

$$V = (d_l^2 L(a_1 + a_2 L) + a_3 L^2) / 10000,$$

kus

$a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – puuliigist sõltuvad valemikordajad, ehk koefitsiendid,

$d_l$  – noti ladvaotsa ehk peenema otsa diameeter, NB! erandlikult tuleb selles valemis sisendina kasutada läbimõõtu sentimeetrites,

$L$  – palgi mõõdetud pikkus, NB! erandlikult tuleb selles valemis sisendina kasutada pikkust deetsimeetrites.

# Puuliigipõhiste kordajate tabel Nilsoni valemile

<b>Puuliik</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>a<sub>3</sub></b>
<b>Mänd</b>	0,0799	0,000146	0,0411
<b>Kuusk</b>	0,07995	0,00016105	0,04948
<b>Kask*</b>	0,0783	0,000236	0,045
<b>Okaspuud**</b>	0,0800	0,000154	0,0453

\* - võib kasutada ka teiste lehtpuuliikide palkide mahu arvutamiseks

\*\* - võib kasutada kuuse-männi segapalgi mahu arvutamiseks

Prof. Nilsoni valem on ette nähtud virnas oleva ümarpuidu mõõtmise lihtsustamiseks, et mõõtma peaks ainult peenemate otste diameetreid lisaks pikkustele. Valemi põhjal on koostatud palkide mahutabelid männile, kuusele ja kasele ning teistele lehtpuudele.



Vaid peenemast otsast palkide läbimõõte mõõtes tuleb leppida sellega, et valem ei suuda iga **palgi koondete** vastavalt mahtu ennustada. Sama kehtib ka teiste palkide mahutabelite kohta, näiteks Venemaal kasutatavate GOST-i mahutabelite kohta.

Palgi koondeks ehk koondelisuseks nimetatakse palgi läbimõõdu vähenemist kogu selle pikkuses tüükaotsast kuni ladvaotsani, mille suurust väljendatakse sentimeetrites meetri kohta või protsentides.

# Palgi koonde valem

$$K = (dt - dl) / L,$$

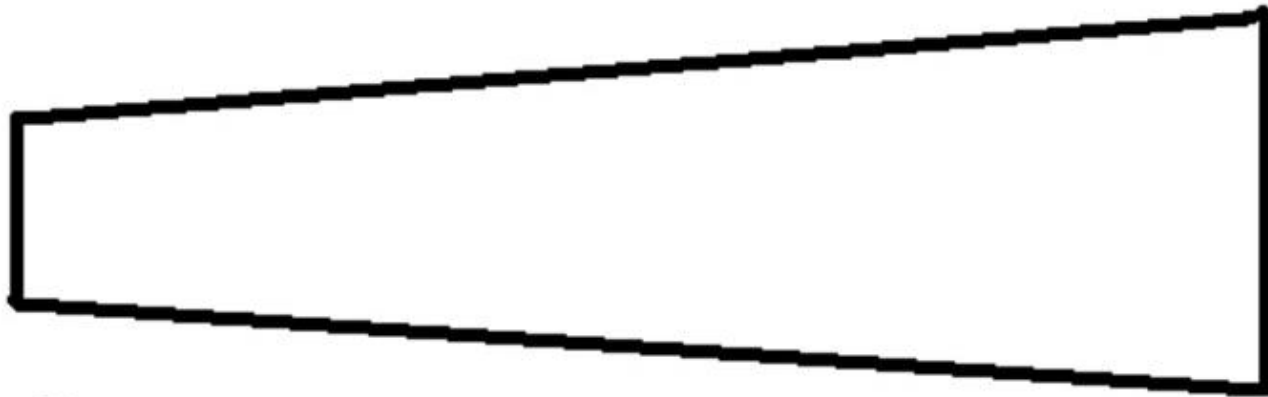
kus

K – koonde suurus cm/m või %,

L – noti pikkus,

dt – noti tüükaotsa ehk jämedama otsa diameeter,

dl – noti ladvaotsa ehk peenema otsa diameeter.



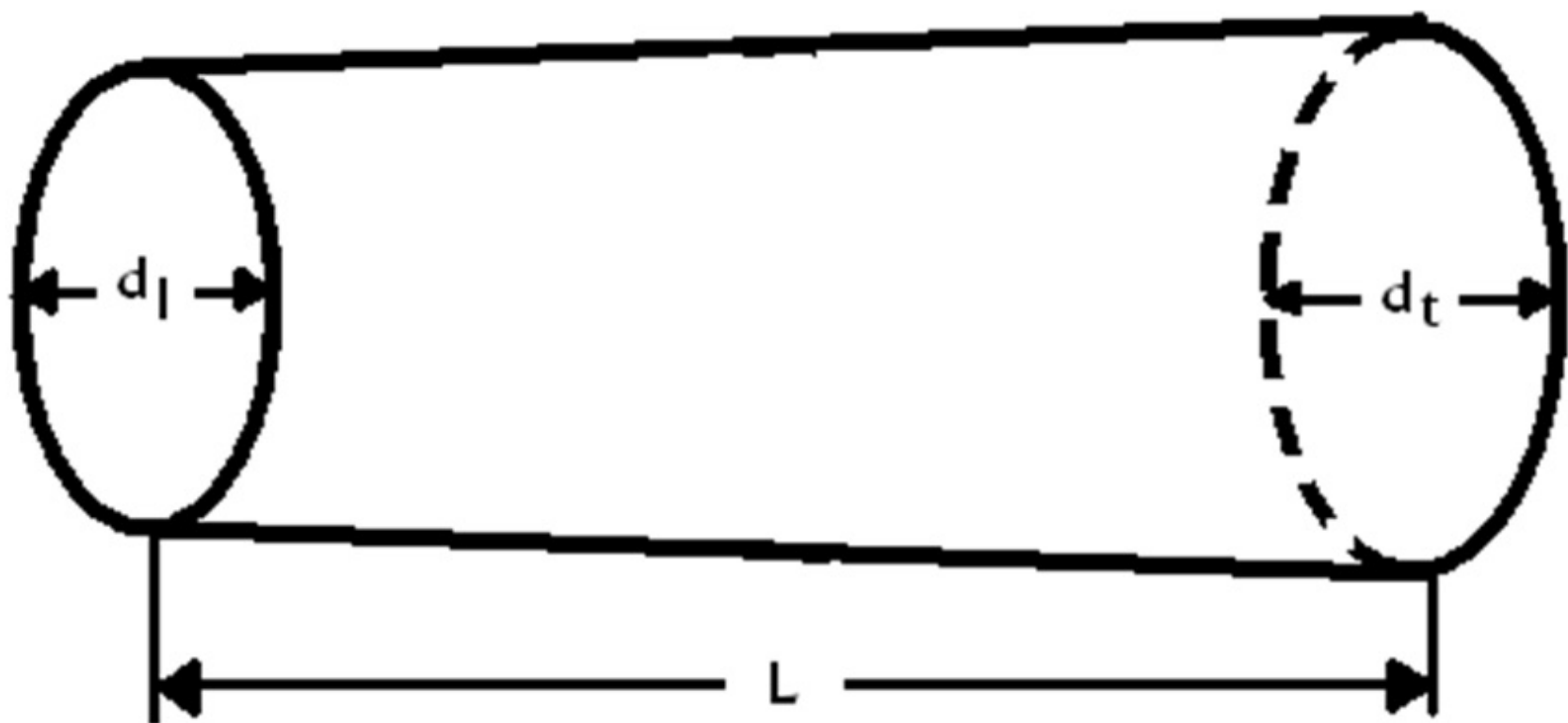
$$d_1 = 20 \text{ cm}$$

$$L = 5,00 \text{ m}$$

$$d_2 = 25 \text{ cm}$$

$$K = (d_2 - d_1) / L$$

$$1 = (25 - 20) / 5$$



$$K = (d_t - d_l) / L$$

Kui proovida ühe langetatud ja järgatud puutüve puhul silma järgi valida, millist eelpool toodud valemit igale palgile valida, siis selgub, et valida pole lihtne. Seetõttu ei kasutatagi praktikas igale puutüve osale erinevat palgi mahu valemit vaid valitakse välja üks, enamasti on see tüvikoonuse mahuvalem.

Näitlikustamiseks on järgnevalt fotod ühest langetatud, okstest puhtaks laasitud ja palkideks järgatud männitüvest.





Esimene palk ehk tüükapalk peaks suure tõenäosusega omama alumises otsas tüvinelioidi kuju. Osadel puutüvedel see nii ongi (eriti vanadel kuuskedel), sellel konkreetsel männi esimesel palgil nelioidset, kännu suunas järsult laienevat kuju pole. Pigem sobiks kasutada selle palgi mahu saamiseks tüvikoonuse valemit.



# Tüve esimene palk



Ka teisele ja kolmandale palgile tundub silma järgi sobivat tüvikoonuse mahuvalem, sest need näivad olevat ühtlase koondega. Enamasti ongi elusvõra aluses tüveosas koone suhteliselt ühtlane.



# Tüve teine palk foto keskel





# Tüve kolmas palk foto keskel



Neljas ja viies palk tunduvad veidi rohkem tükiviparaboloidi moodi olevat ning need on tüve elusvõraga osast ja vahetult selle alt, kuiva oksaga võraosast. Samas on nende palkide väliskuju keskmisest suuremat väljapoole kumerdumist siiski silmaga raske tabada.



# Tüve neljas palk foto keskel





# Tüve viies palk foto keskel



Kuues ja seitsmes tüvest järgatud osad on kvaliteedilt paberipuidu notid. Need on taas silma järgi hinnates pigem tüvikoonuse kujuga. Puutüvede ladvaosa ongi enamasti pigem koonuse kujuga ja sellest lõigatud palgid-noted seega tüvikoonuse kujuga.



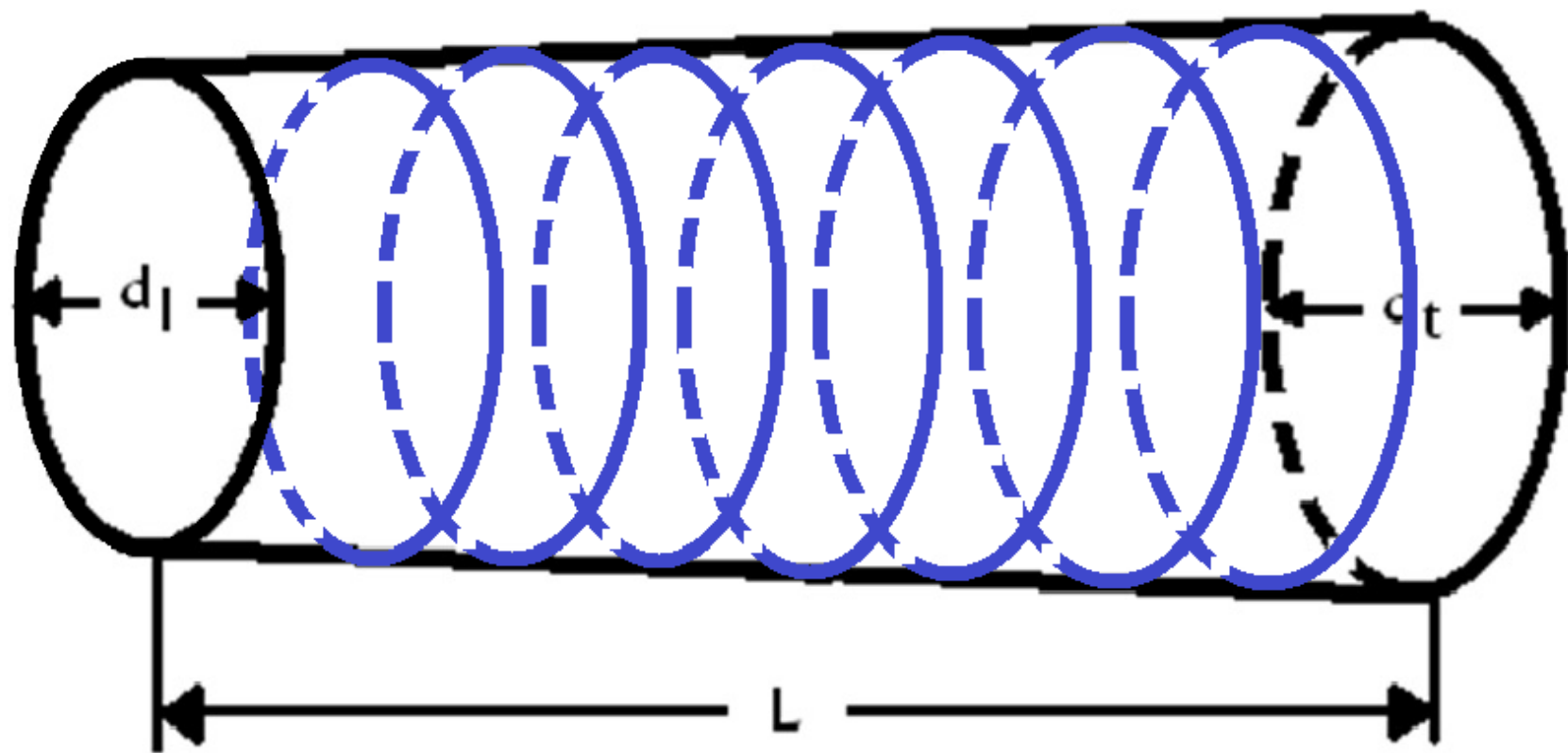
Tüve kuues ja seitsmes nott on antud juhul  
kvaliteedilt paberipuit



Käsitsi palke mõõtes on oluline, et ei peaks tegema väga palju diameetrite mõõtmisi, sest see kulutaks liigselt tööaega ja reaalselt töö tulemust jääks mõõtmise arvelt liialt väheseks. Seega üks või kaks diameetri mõõtmist palgi mahu saamiseks käsitsi mõõtes on mõistlik, kuid mitte enam.

Tööaja kokkuhoiu eesmärgil praktilise mõõtmise käigus ei valita seetõttu ka igale palgile eraldi valemit vaid kasutatakse ainult ühte, näiteks tüvikoonuse valemit.

Väga oluline on seaduspära:  
mida lähematele tüveosadele  
mahtu määrata, seda täpsema  
tulemuse annavad kõik  
palgimahu valemid.



Seega, mida tihedamalt mõõta palgil diameetreid ja sedasi saadud kujutluslikele juppidele määrata mahtu, pole lõpuks sisulist vahet, millist valemit kasutada. Seega võib kasutada lihtsamat valemit, nt. silindri mahu valemit, sest siis on vaja vähem arvutada. Samas on mõõta vaja rohkem, kuid see pole probleem, kui mõõtmise teeb automaatselt raiemasina või saetööstuse mõõtmisseade.

Nii ongi raiemasinate, ehk harvesteride puidu mõõtmisel standardiks, et tüve mahu saamiseks, seega iga tüvest saadud palgi ja noti mahu saamiseks tehakse mõõtmised võimalikult tihedalt, näiteks iga 5 cm järel.

Sellisel puhul pole tõesti vahet, millist eelkirjeldatud mahuvalemit kasutada.

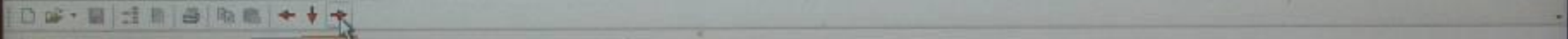


Praktilisel kaalutlusel võetakse arvesse palkide mahud 30 cm pikkuste sektsioonidena (juppidena), et jätta arvestusest välja oksakohtade kohal olevad tüvepaksendid. Niisiis koosneb harvesteriga raiutud palgi maht 30 cm pikkuste tüvesektsioonide mahtude summast. Samal põhimõttel töötavad ka saetööstuste mõõtmisliinide mõõtmisseadmed.



Eelneva teooria kinnituseks on järgneval slaidil ühe reaalselt olemas olnud lageraieealise kuusetüve mõõtmistulemuse põhjal saadud kujutis harvesteri ekraanilt. Tüve allosas on veidi sissepoole kumerdub tükivinelioidi sarnane tüveosa, keskel tükivikoonuse kujuline sirge pinnakujuga tüveosa, ülemises elusvõra piirkonnas on väljapoole kumerdub tükiviparaboloidiga sarnane tüveosa.

Tüve allosas on veidi sissepoole kumerduv tüvinelioidi sarnane tüveosa, keskel tüvikoonuse kujuline sirge pinnakujuga tüveosa, ülemises elusvõra piirkonnas on väljapoole kumerduv tüviparaboloidiga sarnane tüveosa.



Show info for

Tree Species: **Kuzak**

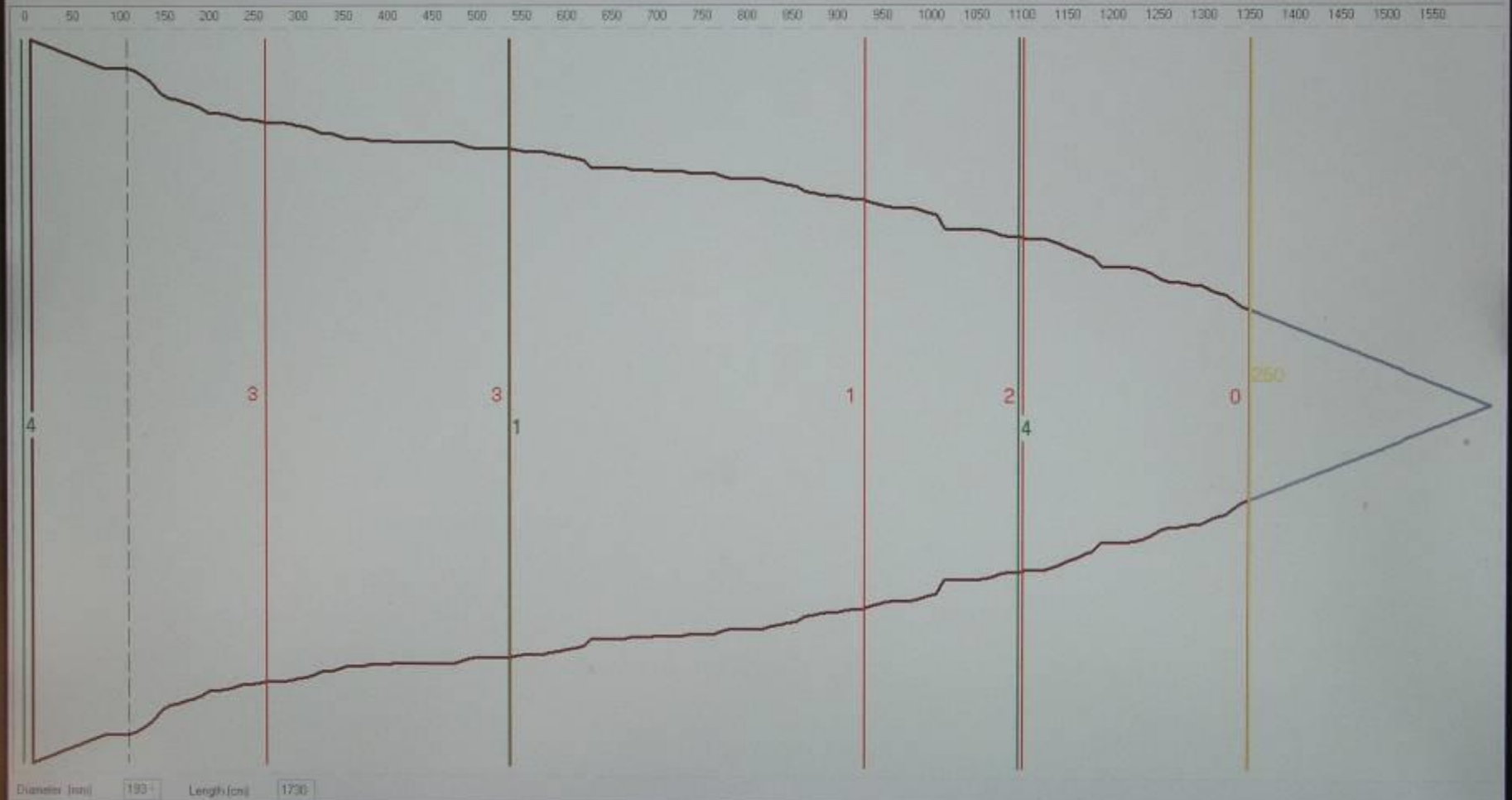
Stem: **30 Stem**

Plot type: **alt**

Diameter:  
 On bark  
 Under bark

Log: going to the page in front of the active one. (Ctrl+F)

Log	1	2	3	4	5
Length (m)	300	300	433	192	273
Top Diameter (mm)	161	145	114	93	54
Assessment	3	3	1	2	0
Quality	3	3	1	1	3
Volume (m <sup>3</sup> )	0.079	0.054	0.099	0.015	0.012
Forced Cuts Cause	0	0	0	0	260



Diameter (mm) 193 Length (cm) 1730

Ladvatipu koonusekujuline osa on harvesteri poolt mõõtmata väga peenike ladvaosa lõpp, see kujutatakse joonisel koonusena. Ladvatipust ümarpuitu ei sa toota ning seda ei mõõdeta. See kuulub raiejätmete hulka nagu ka oksad.

Eri värvi pidevjooned harvesteri tüvekujutisel on tüve palkideks järkamise kohad. Joonte värvid ja numbrid nende juures tähistavad ümarpuidu sorte.

Ekraani ülaosa tabelis on iga tüvest lõigatud palgi ja ka paberipuidu noti maht automaatselt välja toodud koos kvaliteeditunnusega. Lisaks on igale ümarpuidu notile (palgile) antud pikkused ja ladvaotsa läbimõõdud.

Lõpetuseks oluline reegel: **mõõtja vastutab  
mõõtmistulemuse õigsuse eest!**

Seetõttu peab mõõtja veenduma  
mõõtmisvahendite õigsuses neid üle  
kontrollides.

Näiteks mõõdulindil ja klupil peavad numbrid olema selgelt loetavad. Klupp ei tohi olla kõveraks paindunud, mõõdulindi plastikust numbriteta algusosa õiges pikkuses tuleb veenduda.

Automaatsed mõõtmisseadmed harvesteril ja saeveskis peavad olema mõõtja poolt piisavalt sageli kontrollitud ja vastavalt vajadusele kalibreeritud.

Ainuüksi õigest mõõtmisest ja arvutamisest ei piisa, mõõtmisandmed peavad ka korralikult dokumenteeritud olema, et neid saaks vajadusel kontrollida.



Head mõõtmist!