

Träd tillväxt och klimat i historisk tid.

Av **Ernst Antevs.**

INNEHÅLL.

Inledning.
Tid och förlopp av tjocklekstillväxten.
Växlingar i ringbredden och deras orsaker.
Icke-klimatiska orsaker.
Nederbörd.
Temperatur.
Solstrålning.
Korrektionsmetoder av årsringskurvor.
Sequoiakurvorna och deras klimatiska vittnesbörd.
Tillväxt och klimatiska perioder.
Datering av indianruiner.
Litteratur.

Inledning.

Då exakta meteorologiska observationer började utföras först för något mer än ett hundra år sedan, har man sökt finna naturliga meteorologiska indikatorer nående längre tillbaka i tiden. En tidigt påtänkt sådan var trädens årsringar. På allvar användes årsringarna dock först av professor A. E. Douglass, University of Arizona, som år 1901 påbörjade ringmätningar på yellow pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) i det nederbördsfattiga norra Arizona. År 1912—13 utsträckte Douglass undersökningarna till tallen (*Pinus silvestris* L.) i England, Norge, Sverige, Tyskland och Österrike, till hemlock (*Tsuga canadensis* Carr.) i Vermont och till douglas-tallen (*Pseudotsuga taxifolia* [La Marck] Britton) i Oregon, och år 1915 till sequoian eller det kaliforniska jätteträdet (*Sequoia washingtoniana* [Winslow] Sudworth). Sistnämnda år gjorde han de första försöken att datera bjälkar i förhistoriska indianruiner i Nya Mexiko.

Redan tidigare, eller 1911, hade professor Ellsworth Huntington, Yale University, påbörjat sin välkända undersökning av sequoian.

År 1915 gjorde Antevs en sammanställning av den dåvarande kännedomen om trädens årsringar och deras användning som klimatisk indikator, och 1923 företog han med understöd från Carnegieinstitutionen i Washington en revision of professor Huntingtons stora sequoiamaterial.

Tid och förlopp av tjocklekstillväxten.

Kännedom om tid och förlopp av trädens tjocklekstillväxt är naturligen viktig, då man vill draga slutledningar rörande gångna tiders klimat från årsringarnas breddvariationer. Den är detta speciellt, då sommarregn saknas, så att tillväxten är fullkomligt beroende på föregående vinters nederbörd, eller då regn under tillväxtperioden äro sällsynta eller begränsade till särskilda tider.

Kambiet börjar avsätta celler före, samtidigt med eller efter lövsprickningen, d. v. s. i slutet av april och under maj i södra och mellersta Sverige. Vanligen är tidsskillnaden mellan de båda processerna obetydlig, men den belöper sig stundom till en hel månad. Merendels börjar kambieverksamheten i de yngsta kvistarna och sprider sig på en eller ett par veckor till basen av stammen. Tjocklekstillväxten börjar sakta, tilltar snabbt i intensitet och når ett maximum i juni eller juli. Den avtar därefter småningom, tills den helt upphör på hösten. Eller den sjunker till ett minimum, stiger på nytt till ett maximum och avtar slutgiltigt. Stundom tycks kambieverksamheten vara fullt bestämd av yttre förhållanden och ej förete inre rytm. I Tyskland är vedmanteln i regel färdig i augusti eller i början av september, d. v. s. efter tre eller fyra månader.

Växlingar i ringbredden och deras orsaker.

Icke-klimatiska orsaker. Årsringarnas bredd är beroende på inneboende egenskaper och på olika yttre faktorer såsom nederbörd, temperatur, solstrålning, vind, jordmån, beskuggning, uthuggning, fruktproduktion, avlövnning, eller av skada orsakad av insekter, eld, frost, vind o. s. v.

Träd genomgå barndom, ungdom, mogen ålder och ålderdom. Vanligen öka årsringarna i bredd under de första åren och nå sin största bredd vid en ålder av 10 till 75 år. Denna bibehålles en tid eller också inträder ett avtagande omedelbart. Hos sequoian är dock i regeln de innersta ringarna bredast.

Växlingarna i ringbredden äro beroende av trädens vitalitet. De yttre faktorernas inverkan torde stå i omvänt förhållande till vitaliteten. Fördenskull äro ringarna från vissa åldersstadier bättre lämpade för klimatologiska studier än andra. Av sequoian torde åldersskedet 1 000 till 2 000 år vara bäst.

Ensidig inverkan av olika yttre faktorer o. d. orsakar ofta excentrisk tillväxt, vilken nedsätter materialets värde för klimatologiska

studier, speciellt ifall tillväxten gynnas eller undertryckes längs än den ena, än den andra radien.

Ringfördubbling, som vanligen är orsakad av anormal skottbildning sedan kambiecellerna varit i verksamhet någon tid, kan leda till oriktig datering av ringarna. Undertryckning av vedbildning under särskilt ogynnsamma år, efter större skada e. d., kan leda till detsamma. Alltför riklig fruktbildning kan orsaka avsättning av en abnormt smal ring under fruktåret och stundom också under det näst följande året. Alltför tät beskuggning nedsätter tillväxten och kan undertrycka den fullständigt. Omfattande avlövnings minskar tjocklekstillväxten under en följd av år, speciellt i nedre delen av stammen, där f. ö. alla inverkningar göra sig långt mera märkbara än i övre delen.

Utgallring medför en omedelbar ökning i nedre delen av stammen, men ej i den övre. Den stegrade tillväxten sträcker sig över en följd av år och kan ha olikartade förlopp.

Nederbörd. Tjocklekstillväxten är också beroende av nederbörd, temperatur, solstrålning och kolsyrehalt. Värme, ljus och riklig tillgång på vatten, mineralnäring och kolsyra äro de viktigaste betingelserna för snabb normal tillväxt. Kombinationen av dessa faktorer kan vara mångfaldig och effekten kan växla efter omständigheterna, så att den verkliga rollen av varje enskild faktor är svår att utreda.

I allmänhet gäller att tillväxten av träd, som leva under sådana förhållanden att de lätt känna torka i första hand är bestämd av nederbörden. Dyliga träd bilda breda ringar under nederbördsrika år och smala ringar under torra år. Ett gott exempel är yellow pine i de regnfattiga trakterna av Arizona. Alltför riklig nederbörd nedsätter dock vanligen tillväxten. Jämte mängden av nederbörden är tiden för densamma av stor betydelse. Det regn som kommer under tillväxtperioden, i maj till juli, har den största effekten. Nederbörden under månaderna innan tillväxten börjar är t. o. m. utan inverkan på tallen i Tyskland. Däremot är den bestämmande för tillväxten av träd, som erhålla intet eller blott ringa sommarregn. Snönederbörden är sålunda av mycket stor betydelse för yellow pine i Arizona och sequoia i Sierra Nevada.

Hos yellow pine fann Douglass årlig överensstämmelse utan lag mellan nederbörd och tjocklekstillväxt och långperiodisk överensstämmelse med lag på fyra år.

Förhållandet mellan nederbörd och tjocklekstillväxt av sequoian är ej tillnärmelsevis så väl känt, då knappt några meteorologiska obser-

vationer gjorts uppe på de västra sluttningarna av Sierra Nevada, där sequoian lever på 1 500 till 2 000 m höjd. Emellertid torde nederbörden komma övervägande i form av snö under månaderna december till mars och vara riklig, troligen mellan 500 och 750 mm. Regnfallet under april till september torde endast belöpa sig till ett hundratal millimeter, och regnvattnet rinner snabbt ned för bergssluttningarna. Vintrarna äro intensivt kalla, somrarna milda. Bergen, i vilka sequoian lever, äro vilda med branta sluttningar. Dalarna uppsamla vattnet, som bildas vid snösmältningen, och äro försumpade på våren och försommaren. Sequoian växer både å torra ryggar och sluttningar och i försumpade dalbottnar.

Det bästa sequoia-material, som står oss till buds för bedömande av förhållandet mellan nederbörd och årsringbredd, äro de ringmätningar som utförts av Huntington och Douglass vid Hume, 5 km nordost om General Grant National Park, å omsorgsfullt utvalda träd växande å torra platser. Den närmaste meteorologiska station med tillräckligt lång observationsserie för att vara av värde är Fresno, nere i San Joaquindalen 80 km från Hume och vid 1 500 till 1 800 m lägre nivå. Ringkurvorna ha jämförts med dessa observationer och före 1882 med sådana vid i San Francisco (fig. 1). Ringkurvorna baserade på Huntingtons mätningar (kurvor B och C) visa någon, ehuru obetydlig överensstämmelse med nederbördskurvan för Fresno — San Francisco. Överensstämmelsen är ej tillräcklig att möjliggöra konnektion, ifall kurvorna ej vore daterade. Douglass' kurva (D) visar en något bättre överensstämmelse med nederbörden, men likheten är ej god. Det är ovisst ifall slutledningar kunna dragas ur överensstämmelsen. Ehuru baserade på träd i samma trakt visa Huntingtons och Douglass' kurvor knappt någon likhet alls med varandra. Under min revision av Huntingtons sequoia-material uppgjordes individuella kurvor för ungefär 150 träd för att eventuellt möjliggöra ett urval, men det befanns knappt råda någon likhet mellan dem. Sequoia-materialet är dåligt.

Jämförande nederbörden vid Sacramento, Kalifornien och en normalkurva av 112 sequoior från torra ryggar och sumpiga dalar — samma träd som i kurvan B, fig. 1 — finner Huntington (1925, s. 163) ingen överensstämmelse mellan ringbredd och nederbörd under vintern närmast före ringens bildning men markerad relation mellan ringbredd och nederbörd undet vintrarna två och tre år före ringens avsättning och mest slående överensstämmelse mellan en årsring och nederbörden under de tio föregående åren. En dylik lagg förefaller dock

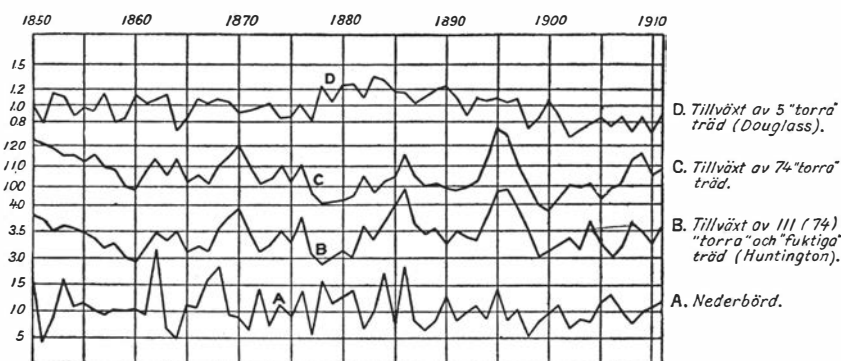


Fig. 1. Tillväxt av sequoia-träd vid Hume samt nederbörd vid Fresno—San Francisco. (Efter Huntington och Douglass.)

högst märkvärdig och saknar stöd i direkt erfarenhet. Det är inte lätt att förstå huru nederbörds mängden under ett antal föregående år skulle kunna påverka tillväxten av träd, som stå rotade i eller nära beständiga bäckar och källor och i dalbottnar, vilka äro sumpiga t. o. m. under somrar (som 1912, då Huntington gjorde en del av sina mätningar) efter en abnormt ringa vinternederbörd. Överensstämmelsen behöver inte betyda direkt förhållande, och gör det förmodligen inte heller.

Temperaturen är av mycket stor betydelse för trädens tjocklekstillväxt. Mestadels — bl. a. i norra Europa — tycks den vara den viktigaste faktorn, både emedan flertalet träd ha tillgång till nödigt vatten, och emedan alltför ymnigt regn vanligen ger anledning till låg temperatur. Tillväxten av tallen i Tyskland följer temperaturen långt mera än nederbörden. Den i Sverige ovanligt varma och torra sommaren 1901 gynnade enligt Henrik Hesselman i hög grad tjocklekstillväxten av tallen utom i trakter, där torkan var alltför intensiv. Däremot nedsatte den regniga och kyliga sommaren 1902 tillväxten märkbart. Hög temperatur, stark belysning och relativt hög procent av kolsyra i luften ha befunnits kunna påskynda tillväxten av vete och andra växter högst anmärkningsvärt (Arthur, 1927).

Temperaturens betydelse för tjocklekstillväxten av sequoian kan endast ungefärligen bedömas, då inga meteorologiska observationer föreligga från de områden där trädet växer på en höjd av 1 500 till 2 000 m, och då temperaturen där avviker betydligt från den nere i dalarna och å låglandet. Vintrarna äro i sequoians hemvist bittert

kalla med riklig snönederbörd. Somrarna äro milda och praktiskt taget utan regn. Då ett tjockt snötäcke kläder marken vid vinterns slut, torde nog vårtemperaturen vara viktig för trädens tillväxt genom att påskynda sommarens ankomst och dymedelst öka tillväxtperiodens längd, av vilken tillväxtens storlek är beroende. Då minst femtio procent av träden leva å sumpiga lokaler och synas ha mer än nog av vatten, så torde också sommartemperaturen spela en mycket viktig roll för tillväxten.

Solstrålning. I norra Europa, och de nordöstra Förenta Staterna har tjocklekstillväxten av tallen och andra träd befunnits växla med förändringar i solstrålningen, så att de bredaste ringarna svara mot solfläcksmaximum. I Sydsverige och Preussen är överensstämmelsen särskilt god, i en del andra trakter är den ej så god. Tillväxten av yellow pine i Arizona följde likaledes solfläcksvariationerna direkt och förträffligt under tiden 1410—1530, medan den däremot under de sista 160 åren närmast har följt den omvända solfläckskurvan. Detta senare tycks tillväxten av sequoian också göra (se under »Tillväxt och klimatiska perioder»). Orsaken till samtidigheten av maxima i tillväxt och solfläcksantal är föga känd. I Skandinavien undergår temperaturen starka växlingar utan märkbar relation till solfläckarnas antal, och i Tyskland överensstämmer temperaturkurvan endast obetydligt med solfläckskurvan. I de nordöstra Staterna däremot följer temperaturen på ett slående sätt växlingarna i solfläckarnas antal. Märkvärdigt nog följer sålunda tjocklekstillväxten solfläcksvariationerna bäst där, varest temperaturen är mest oberoende av solfläckarna och tvärtom. De bredaste ringarna svara mot den lägsta temperaturen. Detta avser emellertid årstemperaturen, ej temperaturen under eller före tillväxtperioden, varom uppgifter saknas.

Nederbördens mängd och fördelning, dess förhållande till solfläckarnas antal och sålunda den eventuella roll den spelar för överensstämmelsen mellan tillväxtkurvan och solfläckskurvan är också i stort sett obekant.

Tillväxten tycks sålunda vara i hög grad beroende av solstrålningen, av fysiologiskt verksamma strålar. Blå, violetta och ultraviolettera strålar äro de för tillväxten viktigaste, medan röda strålar komma närmast (Abbot, 1927, p. 168). Solstrålningen är starkast under solfläcksmaximum, och en förstärkning är främst förknippad med en ökning av strålar av kort våglängd — blå strålar. Maximum av tillväxt i de nyssnämnda fallen, då solljuset innehåller den största procenten blå strålar, är anmärkningsvärd så till vida, som i flertalet andra

undersökta fall blått ljus verkar hämmande. Emellertid visa Arthurs (1927; Abbot, 1927, tab. 2—4) experiment att starkt, långvarigt ljus — ibland under hela 24 timmar dygnet — högst betydligt påskyndar tillväxten.

Korrektionsmetoder av årsringskurvor.

Inverkningarna av de ovannämnda icke-klimatiska faktorerna måste elimineras innan årsringskurvorna ange klimatförhållandena.

Vid undersökning av gångna tiders klimat medelst årsringarnas växlingar i bredd är valet av material viktigast av allt. Detta är också svårast. För studium av nederbörden är det naturligen nödvändigt att välja träd, vilkas tillväxt i första hand var bestämd av nederbördsmängden, träd, som verkligen kände bristen på regn under torra år. Endast friska och i alla hänseenden normala träd levande under liknande förhållanden skola väljas. Av största betydelse är naturligen riktig mätning och datering av årsringarna.

Huru omsorgsfullt valet än må vara gjort, så uppvisa tillväxtkurvorna ändå alltid olikheter beroende på den med åldern förändrade tillväxthastigheten på trädens reaktion mot yttre faktorer m. m. d. Flertalet av de tillfälliga variationerna kunna tämligen väl elimineras genom användande av ett stort antal träd fördelade över ett vidsträckt område.

För ändringen i tillväxthastigheten med åldern utarbetade Huntington (1914, s. 123) en matematisk korrektionsmetod och föreslog Antevs (1925) en grafisk metod. Båda metoderna ha visat sig ge praktiskt taget samma resultat, men Antevs' metod är betydligt enklare och bekvämare. Enligt denna, som är belyst i figur 2, äro individuella träd eller grupper av träd av samma ålder och med liknande tillväxtkurvor korrigerade självständigt. Kurvor ritas av ringmätningarna. Den övre kurvan i figuren representerar summan av den uppmätta tillväxten hos ett antal lika gamla träd — Huntingtons (1914, s. 318—322) grupp 36. Kurvan är bruten år 150 e. Kr., och delarna 860 till 700 f. Kr. och från 1000 till nutiden ha utelämnats av brist på utrymme. En mittlinje och tangenter uppdragas, speciellt mittlinjen med stor omsorg. Avsikten är att reducera ringkurvans fluktuationer från mittlinjen till samma storleksordning och att rätta mittlinjen. I det givna fallet är avståndet mellan de parallella delarna av tangenterna 13 mm, medan det i de äldsta delarna är mer än 25 mm. Från litet nedom den punkt, där avståndet är 14 mm, till halv-

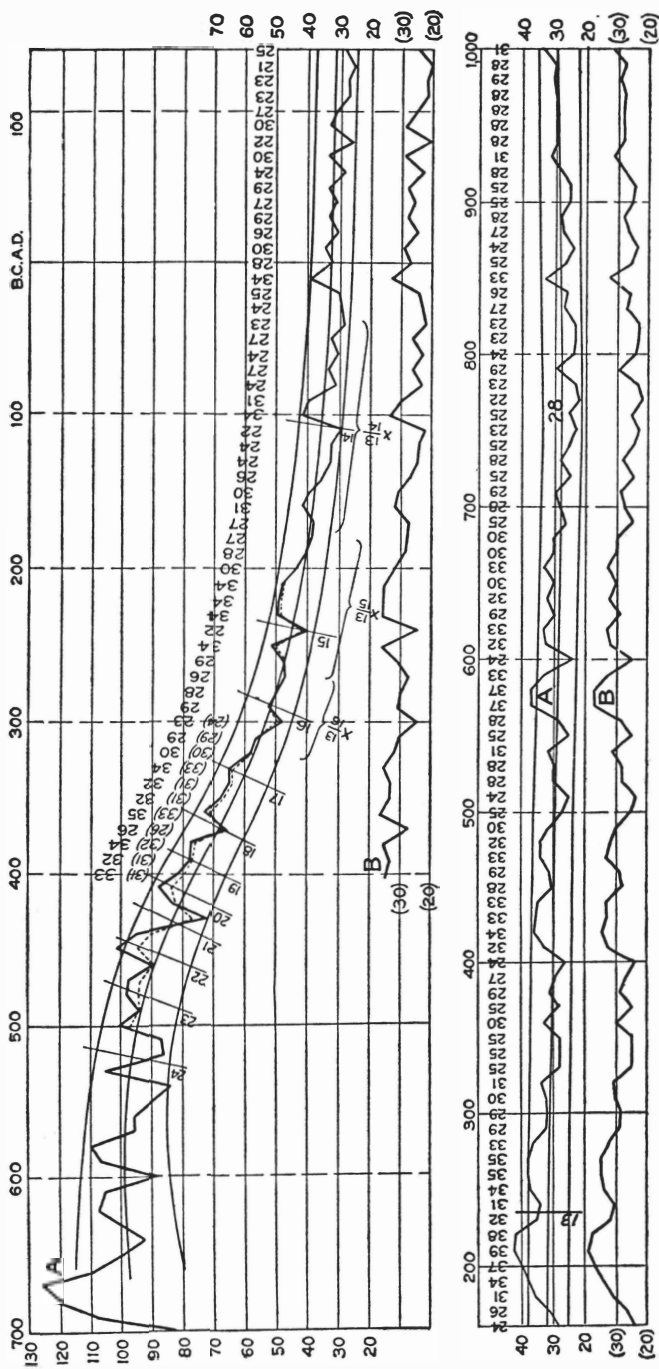


Fig. 2. A kurva visande korrektionsmetod. B kurvan A korrigerad. Kurvorna brutna. Endast de viktigare delarna rätade. Skala 43 : 100.

vägs mellan punkterna, där det är 14 och 15 mm, multipliceras de *lodräta* avstånden av kurvornas brytningspunkter från mittlinjen med $13/14$. Härövan multipliceras de med $13/15$, $13/16$ o. s. v. såsom antytts i figuren. Den brutna linjen är den sålunda beräknade kurvan, i vilken variationerna äro reducerade till samma storleksanordning.

Nu återstår att reducera hela kurvan till samma bas, att rätta ut mittlinjen. I detta fallet ligger mittlinjen, där den är lägst (efter 1000 e. Kr.) 28 mm ovan basen. Mittlinjen följes sålunda med 28-mm-linjen på en måttstock, vilken hålles i *rät vinkel* till mittlinjen, och brytningspunkterna på den streckade, respektive oreducerade, kurvan avläsas å måttstocken. Värdena nedskrivas. De äro de slutgiltiga. Å figuren äro värdena för både den ursprungliga och den brutna kurvan angivna, de för den senare inom parentes. För att visa resultatet har en kurva (kurva B) uppritats av de erhållna värdena. I praktiken beräknas de slutgiltiga värdena direkt utan uppritande av den brutna kurvan.

Dylik korrektion utföres av kurvan för varje enskild trädgrupp. Ur de erhållna värdena på ringbredden beräknas en normalkurva genom att taga medelvärdet av dem alla.

I fall fluktuationerna äro mycket stora i den förra delen av ringkurvan och denna följaktligen är svår att korrigera, så bör den nämnda delen utelämnas. I det givna fallet utelämnades den del som föll före år 400 f. Kr. Vid författarens undersökning av sequoian visade det sig ofta rätt svårt att draga tangenter och riktigt reducera även sådana delar, som det var önskvärt att medtaga. I flertalet fall förlöpte tangenterna praktiskt taget parallellt utom i dessa tidigare delar. Därför uppdrogs i flertalet fall endast en mittlinje och avlästes helt enkelt avvikelserna av den ursprungliga kurvan från mittlinjen. I vårt fall togos den ursprungliga kurvans värden, vilka som synes skilja sig föga från de reducerade, de inom parentes givna.

Kurvor representerande ett stort antal mätningar äro givetvis mycket höga i de tidigare delarna och falla därefter starkt. Då vidare sådana kurvor svårligen kunna korrigeras, uppdragas kurvorna av stora grupper med fördel i halv eller tredjedels skala, så att fallet av kurvan blir sakta och så lika som möjligt inom de olika grupperna. Efter korrektionen multipliceras de erhållna siffrorna. Kurvor av grupper bestående av en enda eller några få mätningar uppritas i förstorad skala.

Förtjockning av ringarna vid basen av en mycket gammal stam, tagande sig uttryck i stigning av årsringskurvan mot nutiden, korri-

geras medelst utsträckning av mittlinjen genom hela kurvan och reduktion också av kurvans senare del till mittlinjen såsom bas.

Slutligen bör eventuellt ännu en korrektion göras, nämligen för förändringar orsakade av tillkomst eller utgående av grupper, vilkas medeltillväxt är större eller mindre än medeltillväxten av de övriga grupperna. Härvid beräknas en kurva med uteslutande av den ifrågasvarande gruppen, och beräknas avvikelserna från kurvan, i vilken gruppen är inbegripen. Medelvärdet på denna skillnad adderas till eller subtraheras från de delar av den senare kurvan, i vilken den tillkommande eller utgående gruppen ej är representerad.

Genom dessa korrektioner gå eventuella sekulära variationer förloade.

Sequoia-kurvorna och deras klimatiska vittnesbörd.

Under författarens revision av Huntingtons sequoia-material utvaldes å ena sidan träd, som vuxit å speciellt torra lokaler, å andra sidan träd, som vuxit å fuktiga ståndorter, d. v. s. vid permanenta källor och bäckar eller i dalbottnar, som äro regelbundet försumpade under försommaren. De »torra» och »fuktiga» träden höllos åtskilda. De utvalda mätningarna av vardera klassen och tillhörande samma åldersgrupp adderades, och kurvor uppritades av summorna. Kurvorna korrigerades på ovan beskrivet sätt för tillväxtvariationer beroende på ålder. Delar bildade, då träden voro över 2 100 år gamla, användes ej. De erhållna siffrorna tabellerades och adderades. Summorna dividerades med antalet mätningar och korrektion utfördes för tillkommande och utgående grupper med tillväxt över eller under det normala. De slutliga kurvorna för alla träd å torra resp. fuktiga ståndorter äro reproducerade såsom kurvor 1 och 2 i figur 3.

Kurvan 3 är grundad på träd växande å alla slags ståndorter, grundad på Huntingtons hela material, på det material som ingår i kurvorna 1 och 2 jämte annat.

Kurvan 4 är tagen från Huntington (1926, s. 122). Delen från 1300 till 200 f. Kr. har utelämnats. Kurvan är baserad på 451 träd eller 785 mätningar, d. v. s. allt Huntingtons material utan urval. Den utgör en kombination av Huntingtons (1914, fig. 38, och s. 323, tab. G, kolumn F) tidigare slutgiltiga kurva utan »kaspiska faktoren» och av Antevs' här återgivna kurvor 1 och 2. Huntingtons ursprungliga kurva gavs värde 10 och Antevs' kurvor vardera värde 3. Dessa värden svara tillnärmelsevis mot antalet mätningar i vardera fallet. De bästa mätningarna, d. v. s. de som utvalts av Antevs, tillmätas

sålunda dubbelt så stor betydelse som de övriga. Från år 200 f. Kr. till 900 e. Kr. har kurvan utjämnats enligt formeln

$$\frac{a + 2b + c}{4} = b$$

Då ringkurvorna ej ge någon uppfattning om hur klimatet under gångna tider avvek från det nutida, har Huntington begagnat sig av vattenståndsvariationerna i Kaspiska havet och i någon mån också av dem i Owens sjö, belägen 80 km från Sequoians växtplats. Årsringskurvan har tippats så att 600-, 700- samt 1100- och 1200-talen e. Kr. blivit lägre än det sista århundradet för att ange, att de nämnda århundradena voro torrare än 1800-talet, emedan ruiner daterande från dem ligga under Kaspiska havets nutida yta, och emedan deltan, av Huntington antagna vara av samma ålder, nedstiga till eller under Owens sjös yta.

Växlingen i tillväxthastigheten med åldern, inverknings av individuell och lokal natur o. d. ha sålunda eliminerats så gott sig göra låter. De variationer, de slutliga kurvorna uppvisa, torde väsentligen bero på förändringar i väderlek och klimat.

Kurvorna 1 och 2 sträcka sig tillbaka till år 700 resp. 1000 f. Kr. Ett träd når tillbaka till år 1300 f. Kr., d. v. s. är 3200 år gammalt. Kurvan 1 är mellan 700 och 200 f. Kr. endast baserad på 2 till 16 mätningar. Kurvan 2 är mellan 1000 och 200 f. Kr. grundad på 3 till 17 mätningar. De nämnda delarna äro vidare till stor del grundade på årsringar från trädens ungdom och kunna därför svårigen korrigeras. De förete mycket stora växlingar utan nämnvärd likhet med varandra. Växlingarna bero kanske snarare på otillräcklig korrektion för snabb tillväxt under ungdomen än på klimatiska förändringar. På grund härav ha delarna äldre än 200 f. Kr. här utelämnats.

Mellan år 200 f. Kr. och 800 e. Kr. är kurvan 1 grundad på 20 till 134 mätningar och kurvan 2 på 21 till 173 mätningar. Kurvorna förete ett stort antal växlingar och visa mindre god överensstämmelse med varandra. Båda uppvisa dock maxima år 80 e. Kr. och under 200- och 300-talen, samt minima ungefär år 100 e. Kr., år 320, 400, 500, 560 till 570 och 650 till 660.

Efter år 800 e. Kr. är kurvan 1 baserad på 130 till 206 mätningar och kurvan 2 på 172 till 213 mätningar. Kurvorna visa ungefär lika stora växlingar. Markerade maxima förekomma hos bägge i början av 900- och 1000-talen, under 1200 och 1300-talen samt mellan 1550 och 1750. Minima äro gemensamma hos

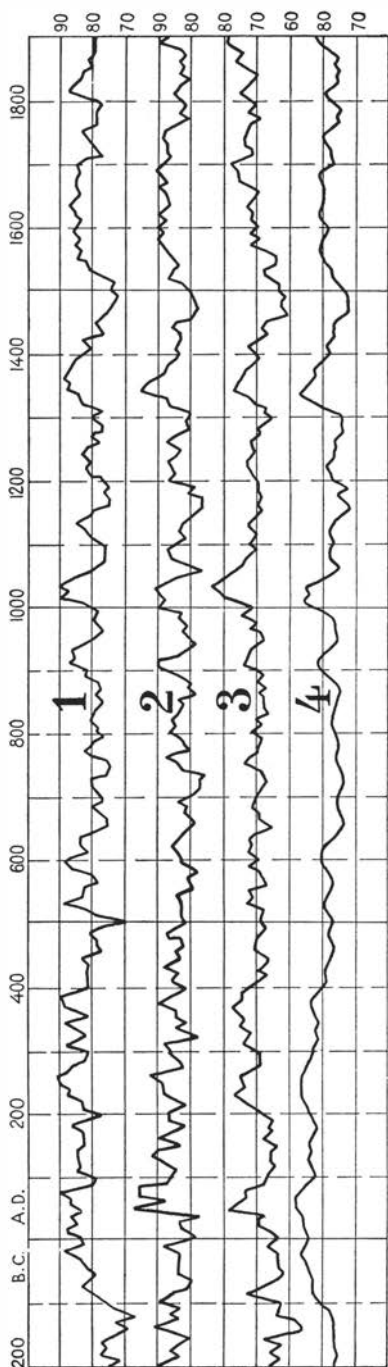


Fig. 3. Klimatkurvor erhållna ur sequoian. Kurva 1 ur träd å torra ståndorter. Kurva 2 ur träd å fuktiga ståndorter. Kurva 3 ur träd å alla slags ståndorter. Kurva 4 ur träd å alla slags ståndorter. Huntingtons kurva, beräknad på annat sätt än de tre första. (Kurvor 1—3 från Antevs, 1925, fig. 7, s. 136; kurva 4 från Huntington, 1926, s. 122.)

kurvorna under de senare delarna av 800-, 900-, 1100-, 1200-, 1400- och 1700-talen. Efter år 800 är överensstämmelsen sålunda verkligen anmärkningsvärd.

Överensstämmelsen mellan kurvorna grundade på utvalda träd växande å torra, resp. fuktiga ståndorter är följaktligen desto bättre, ju större materialet är. Den bristfälliga likheten mellan de äldre delarna torde därför i första hand bero på materialets relativa knapphet.

Men kurvorna uppvisa också anmärkningsvärda olikheter, såsom det något fördröjda uppträdandet av maxima i den »torra» kurvan, antydande trögare reaktion av träd å torra ståndorter. Andra olikheter äro sekundära maxima i den torra kurvan ungefär år 1130 och 1810 och i den våta kurvan 1080 till 1090 och 1890.

Kurvan 3, grundad på träd å alla slags ståndorter, visar på det hela taget mycket god överensstämmelse med kurvorna 1 och 2.

Huntingtons kurva (kurva 4) uppvisar också mycket stora variationer före år 200 f. Kr. På grund härav liksom på grund av materialets mindre goda beskaffenhet

har denna del utelämnats. Då som nämnt delen 200 f. Kr. till 900 e. Kr. utjämnats, undergår den betydligt mindre fluktuationer än i de andra kurvorna. År 200 f. Kr. till 300 e. K. överensstämmer kurvan tämligen väl med kurva 1, mindre väl med kurvorna 2 och 3. År 300 till 900 e. Kr. överensstämmer den väl med alla tre, ehuru bäst med kurva 1. Efter år 900 företer den en slående likhet med alla tre kurvorna.

Det förtjänar påpekas, att den kurva Huntington (1914, fig. 38) beräknade ur allt sitt material och den kurva Antevs (1925, fig. 7, kurva 3) beräknade enligt sin metod ur alla träd å torra och fuktiga ståndorter överensstämmer i påfallande grad med kurvorna återgivna i fig. 3. Speciellt efter år 800 är överensstämmelsen god, delvis t. o. m. detaljerad. Denna överensstämmelse mellan normalkurvorna var oväntad, då de enskilda ringmätningarna ej visade nämnvärd likhet.

Då Huntingtons och Antevs kurvor erhållits genom helt olika korrektionsmetoder, måste överensstämmelsen mellan dem vara verklig. Den torde vara betingad av klimatet. Denna omständighet jämte väderlekens roll för tillväxten betyder att, bortsett från excentricitet, störningar på grund av olyckshändelser o. d., denna senare är väsentligen betingad av en kombination av faktorer, och att de enskilda faktorernas roll är underordnad och växlande.

De viktigaste klimatiska faktorerna, som påverka trädens tillväxt, torde vara nederbörd, temperatur och solstrålning. Den relativa rollen av varje enskild faktor är beroende på tiden för dess inverkan, på andra faktorer, på inre förhållanden i allmänhet o. d. Tillväxten kan sålunda följa än den ena, än den andra faktoren. Ej ens de allmänna lagarna äro kända. I fråga om sequoian ökas svårigheten då temperaturdata fullständigt saknas. Den ungefärliga samtidigheten av tillväxtmaxima och minima hos sequoior å torra och fuktiga ståndorter gör det dock sannolikt, att tillväxten är nästan oberoende av nederbörden. Fördröjning av de gemensamma maxima i den torra kurvan tyder på samma sak. Solstrålningen och temperaturen torde spela en långt större roll. Tillväxtmaximum under 1300-talet sammanföll med en ovanlig rikedom på solfläckar och den i gamla världen klimatiskt instabila period med ovanligt kalla vintrar, kalla regniga somrar och ödeläggande stormar, om vilka historiska urkunder förtälja.

Olika försök ha gjorts att förbinda vattenståndsväxlingarna i sjöar inom de nederbördsfattiga områdena i de sydvästra staterna med

sequoia-kurvan och dymedelst exakt datera vattenståndsvariationerna. Men de korrelationer som gjorts äro mycket osäkra, först och främst emedan det är osannolikt att sequoia-kurvan anger nederbördsmängden. Emellertid kommer sequoia-kurvan att eventuellt bli av betydande kvartärgeologiskt intresse såsom en exakt tidmätare. Sålunda kommer den kanske att kunna förbinda den senkvartära lerkronologien med vår tids tidräkning genom att spänna över tidrymden efter bildningstiden av det yngsta uppmätta varvet av den lera, som alltjämt avsattes vid Norrlands kust och så småningom lyftes över havet. Konnektion mellan kurvorna av lerorna och av årsringarna tycks nämligen rimlig. Den klimatiska osäkerheten under 1300-talet, som är så markerad i sequoia-kurvan, är sannolikt också registrerad i leravsättningen. Om dessutom andra markerade växlingar finnas vara förhanden i båda kurvorna, så bör säker förbindelse av lerkronologien med nutiden erhållas.

De korrelationer som gjorts mellan folkvandringar o. d. och fluktuationer av sequoia-kurvan äro delvis mycket osäkra, då ringkurvans betydelse är obekant, och folkkatastrofernas orsaker också ofta äro detta.

Innan tillfredsställande förklaring av sequoia-kurvorna kan givas och desamma användas för slutledningar rörande gångna tiders klimat, är det nödvändigt att ha temperaturdata och bättre kännedom om solstrålningens betydelse för tillväxten och om förhållandet mellan nederbörd och tillväxt av sequoian å torra ståndorter.

Tillväxt och klimatiska perioder.

Ett viktigt resultat av årsringstudierna är det bidrag de lämna till kännedomen om klimatiska perioder. Den mest utpräglade perioden är växlingen i solfläckarnas antal på 11,2 år. Denna är speciellt tydlig i tillväxten hos tallen i norra Europa. Den är också skönjbar i nästan alla delar av yellow pine-kurvan, om också denna i första hand följer nederbördskurvan. Under tiden 1410—1530 råder t. o. m. särdeles vacker överensstämmelse. I de nämnda fallen svarar stor tillväxt mot maximum av solfläckar. Under de sista 160 åren ha egendomligt nog 10 av de 14 solfläcksmaxima och minima följts c:a 4 år senare av utpräglade maxima och minima i trädens tjocklekstillväxt (Douglass, 1919, p. 74). Då vidare 11-årsperioden hos gruppen vanligen äger två maxima och två minima, har ringkurvan närmast följt den inverterade fläckkurvan. Slutligen träffas 11-års-perioden

hos sequoian, särskilt hos träd å torra ståndorter (Douglass, 1927, p. 221). Den uppges vara tydlig under vissa skeden, men omärklig under andra. Att döma av Douglass' (1919, fig. 34) kurvor, är den emellertid ingalunda vacker, och tycks också här den största tillväxten svara mot solfläcksminimum. Detta är egendomligt, bl. a. emedan den ovanliga rikedom på solfläckar under 1300-talet motsvaras av exceptionellt breda årsringar.

Närmast i betydelse komma halva solfläcksperioden (5 till 6 år) och dubbla och tredubbla solfläcksperioden (21 till 24; 32 till 35 år). Den dubbla solfläcksperioden har varit förhanden i Arizona under 500 år och i norra Europa under 150 år. Den tredubbla perioden, eller Brückner-perioden, har opererat i Arizona under åtminstone 200 år och i Norge under nästan 400 år. En 100-årsperiod är påfallande alltigenom den 3 000 år omfattande sequoia-kurvan och i den 500 år omfattande yellow pine-kurvan.

Men också andra perioder än multipler av solfläcksperioden förekomma. När solfläcksperioden omkring år 1700 för en tid försvinner från kurvorna av yellow pine, sequoia och hemlock, så uppträda i stället perioder på 10 eller 20 år och 14 eller 28 år (Douglass, 1927). Dessa perioder, som av Douglass anses leda sitt ursprung från solen, visa sig vara normala företeelser hos träd tillväxten i de västra staterna. Turners (1920) analys av Douglass (1919) ringmätningar av sequoian uppvisa förhandenvaron av perioder på 303 och 284 år.

Periodiciteten hos årsringskurvorna kommer eventuellt att bli betydelsefull genom att möjliggöra förutsäggande av kommande väderleksförhållanden.

Datering av indianruiner.

Medan ringkurvorna av individuella sequoior, t. o. m. av sådana från samma bestånd, såsom författaren funnit, förete ingen eller ringa likhet, så kunna enstaka, speciellt abnormt smala ringar igenkännas över långa sträckor, i fall tiden för bildningen är ungefärligen känd (Douglass, 1922, s. 10). Douglass' kurvor av yellow pine kunna t. o. m. konnekteras såsom diagram av varvig lera. Sålunda kunna ringkurvor från Prescott, Arizona, säkert förbindas med sådana från det 100 km avlägsna Flagstaff.

Efter det identifiering av årsringar visat sig möjlig, började Douglass (1921) på förslag av Clark Wissler att 1915 undersöka årsringar i bjälkar i indianruiner i Nya Mexiko för att söka datera tiden för

byggnadernas uppförande. I en del fall utsågades skivor ur bjälkarna, men i flertalet fall togos borrhärdar av 2,5 cm diameter. Ringdiagrammen konnekterades med lätthet och säkerhet med varandra, och den *relativa* tidpunkten för trädens fällning bestämdes. Absolut datering har däremot ännu inte lyckats, utan det är alltså obekant, hur länge sedan byggnaderna restes.

Litteratur.

Utförliga litteraturlösteckningar finnas i Antevs' arbeten.

- Abbot, C. G (1927). Influences of sun rays on plants and animals. Ann. Rep. of Smithsonian Instn. for 1926, ss. 161—173.
- Antevs, Ernst (1917). Die Jahresringe der Holzgewächse und die Bedeutung derselben als klimatischer Indikator. Progr. Rei Bot., Vol. 5, 1917, ss. 285—386.
- (1925). The big tree as a climatic measure. Carnegie Inst. of Washington, Publ. 352, 1925, ss. 115—153.
- (1925). The climatologic significance of annual rings in fossil woods. Amer. Journ. Sci., Vol. 9, 1925, ss. 296—302.
- Arthur, J. M. (1927). The effect of light and heat on plant growth. Science, Vol. 66, 1927, No. 1699, Science—Supplement, p. x.
- Brooks, C. E. P. (1926). Climate through the ages. A study of the climatic factors and their variations. London, 1926.
- Douglass, A. E. (1914). A method of estimating rainfall by the growth of trees. I E Huntington: The climatic factor. Carnegie Inst. of Washington, Pub. No. 192 ss. 101—121.
- (1919). Climatic cycles and tree-growth. Carnegie Inst. of Washington, Pub. No. 289, 1919. Ref. i Geol. Fören. Förhandl., Vol. 43, 1921, ss. 431—436.
- (1921). Dating our prehistoric ruins. Natural History, Vol. 21, 1921, ss. 27—30. New York.
- (1922). Some aspects of the use of the annual rings of trees in climatic study. Scientific Monthly, Vol. 15, 1922, ss. 5—21.
- (1927). Solar records in tree growth. Science, Vol. 65, 1927, ss. 220—221.
- Huntington, Ellsworth (1914). The climatic factor as illustrated in arid America. Carnegie Inst. of Washington, Publ. No. 192.
- och S. S. Visher (1922). Climatic changes: Their nature and causes. New Haven, 1922.
- (1925). Tree growth and climatic interpretations. Carnegie Inst. of Washington, Publ. No. 352, pp. 155—204, 1925.
- (1926). The pulse of progress. New York, 1926.
- Mac Dougal, D. T. (1924). Growth in trees and massive organs of plants. Dendrographic measurements. Carnegie Inst. of Washington, Publ. No. 350, ss. 1—88, 1924.
- Mielke, Johannes (1913). Die Temperaturschwankungen 1870—1910 in ihrem Verhältnis zu der 11jährigen Sonnenflächenperiode. Aus d. Archiv der deutsch. Seewarte, Jahrg. 36, 1913, No. 3, Hamburg.
- Shreve, Forrest (1924). The growth records in trees. Carnegie Inst. of Washington, Publ. No. 350, ss. 89—116, 1924.
- Turner, H. H. (1920). Long periodic terms in the growth of trees. Month. Not. Roy. Astron. Soc., Vol. 80, 1920, ss. 793—808.
- Visher, S. S. (1922). Se Huntington.