



Oxelns väl och ve

En studie om oxelns förekomst, allometri, tillväxt
och reaktion på torka

Jonathan Samuelsson

Examensarbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Jägmästarprogrammet
Alnarp 2025



Oxelns väl och ve

Jonathan Samuelsson

Handledare: Jens Peter Skovsgaard, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Bitr. handledare: Julia Schmucker, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Examinator: Jörg Brunet, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: A2E
Kurstitel: Masterarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0984
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2025
Omslagsbild: Peter Nilsson Stofkoper
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord: *Sorbus intermedia*, allometri, tillväxthastighet, torkreaktion, oxel

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Sammanfattning

Oxeln (*Sorbus intermedia*) är ett relativt outforskat trädslag med en unik uppsättning egenskaper. Den förekommer främst i halvöppna landskap och skogsbryn och trivs på kalkrika jordar. Trots dess ekologiska värde som pollen- och bärproducent saknas forskning om dess tillväxtmönster, allometrisk förhållanden och respons på torkstress. Denna studie syftar till att fylla dessa kunskapsluckor genom att undersöka artens förekomst, allometri, tillväxthastighet och torktålighet. Studien baseras på fältmätningar från utvalda lokaler, dataanalys från Riksskogstaxeringen samt dendrokronologiska undersökningar av en nedsågad oxel. Resultaten visar att oxeln sällan blir högre än 20 meter, har en förhållandevis låg tillväxthastighet och uppvisar känslighet för torka. Modeller för förhållandena mellan brösthöjdsdiameter (DBH) och höjd respektive krondiameter presenteras. Resultaten bidrar till ökad förståelse för oxelns ekologiska roll och kan användas för att utveckla strategier för dess bevarande och skötsel i ett förändrat klimat.

Nyckelord: *Sorbus intermedia*, allometri, tillväxthastighet, torkreaktion, oxel

Abstract

The Swedish whitebeam (*Sorbus intermedia*) is a relatively unexplored tree species with a unique set of characteristics. It thrives in semi-open landscapes and forest edges, favouring calcareous soils. Despite its ecological value as a pollen and berry producer, limited research has quantified its growth patterns, allometric relationships, and response to drought stress. This study aims to fill knowledge gaps by investigating the species' occurrence, allometry, growth rate, and drought tolerance. The research includes field measurements from selected locations, data analysis from the Swedish National Forest Inventory, and dendrochronological studies on a felled tree. The results show that *S. intermedia* rarely exceeds 20 meters in height, has a relatively slow growth rate, and exhibits high sensitivity to drought. Models for the relationship between diameter at breast height (DBH) and height as well as crown diameter are presented. The results contribute to a greater understanding of the ecological role of the service tree and can be used to develop strategies for its conservation and management in a changing climate.

Keywords: *Sorbus intermedia*, allometry, growth rate, drought response, Swedish whitebeam

Förord

Min personliga upptäckt av oxeln, där insikten att den i huvudsak har sitt naturliga utbredningsområde på svensk mark var en starkt bidragande orsak, väckte mitt intresse för att beskriva detta ibland bortglömda trädslag. Det visade sig vara så att det fanns luckor i den dokumenterade vetenskapen gällande, ur ett skogligt perspektiv, grundläggande egenskaper hos oxeln, av vilka jag med detta arbete gjort en ansats att försöka täppa igen. Uppsatsen är något jag är stolt över och jag hoppas att du som läsare finner värde i min beskrivning av detta fantastiska träd.

Under arbetet har jag mött många människor och grupper som uteslutande uppmuntrat mitt arbete och på olika sätt stöttat mig. Alla ni förtjänar ett stort tack. Jag vill härmed nämna några:

Jens Peter Skovsgaard, handledare, för ditt engagemang, driv och för att du gav mig möjligheten att göra detta arbete.

Julia Schmucker, biträdande handledare, som varit ovärderlig för mig genom din handledning i det vetenskapliga hantverket.

Partnerskap Alnarp för det ekonomiska bidraget jag fått för att kunna resa till intressanta oxellokalerna.

Joakim Johansson för att jag fick lov att såga ned en av oxlarna på din mark.

Peter Nilsson Stofkoper för din inspirerande gnista, fina bilder och lokaltips.

Jan Gripsborn för möjligheten att få uppleva och mäta Sveriges kanske nu levande grövsta oxel.

Lars-Erik Ivarsson för ett givande resonemang om oxelns väl och ve.

Ulf Johansson och Enheten för skoglig fältforskning för tillhandahållandet av data gällande oxelbeståndet i Snogeholm.

Bertil Westerlund och Riksskogstaxeringen för tillhandahållandet av en betydande del av den data som använts i undersökningarna.

Jonathan Samuelsson

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
1. Introduktion	10
1.1 Mål och hypoteser	13
2. Material och metod	14
2.1 Förekomst	15
2.2 Allometrisk förhållanden	15
2.2.1 Urval	15
2.2.2 Mättningsmetodik och inledande beräkningar	16
2.2.3 Inmätta data	17
2.2.4 Datakategorisering	20
2.2.5 Modellering	21
2.3 Diameterutveckling	22
2.4 Tillväxt och torkreaktion för en enskild oxel	23
2.4.1 Urval	23
2.4.2 Mättningsmetodik	23
2.5 Analys och visualisering	24
3. Resultat	26
3.1 Förekomst	26
3.1.1 Utbredning	26
3.1.2 Förekomst per fältskiktscategori och fuktighetsklass	27
3.2 Allometrisk förhållanden	28
3.2.1 DBH-Höjd	28
3.2.2 Kronutbredning	30
3.3 Diameterstillväxt	31
3.4 Tillväxt och torkreaktion hos en oxel	32
3.4.1 Tillväxt	32
3.4.2 Torkreaktion	34
4. Diskussion	35
4.1 Förekomst	35
4.2 Allometrisk förhållanden	35
4.3 Tillväxt	37
4.4 Torkreaktion	38
4.5 Slutsatser	39

Referenser.....	40
Populärvetenskaplig sammanfattning	44
Bilaga A - Lokalbeskrivningar med bilder	45
Bilaga B – Data- och metodfigurer	58
Bilaga C - Modeller och diagnostikfigurer.....	60

Tabellförteckning

Tabell 1. De olika numrerade undersökningarna med tillhörande datakällor samt vilken eller vilka hypoteser som hanterades av respektive undersökning. Varje hypotes har också en korresponderande frågeställning med samma nummer.	14
Tabell 2. Lokaler med oxelträd som mätts, vilka data som samlats in, antal mätta träd samt lokalbeskrivning.	18
Tabell 3. Antal träd per analys och lokaltyp	21
Tabell 4. Teoretiska modeller för de allometrisk förhållandena.	21
Tabell 5. Medelvärden gällande genomsnittlig diametertillväxt för olika delar av de av Riksskogstaxeringen inmätta oxlarna samt median för samtliga träd.	31

Figurförteckning

Figur 1. Bild på kugghjul med kuggar i oxelvirke. Bildtexten i Hultgren & Hamilton (1975) lyder " I Ösjöfors pappersbruk från 1777 är allt maskineri av trä. Det stora hjulets kuggar är tillverkade av oxel – segast av träslag.". Foto: August Christian Hultgren, Östergötlands museums samlingar.	11
Figur 2. Bild som visar hur kronradierna mättes, ur ett ovanifrånperspektiv. Varje pil från centrum ut till kronans utbredningsgräns sett ovanifrån mättes upp. N:et visar nordriktningen och implicerar att övriga mätningar gjordes i östlig, sydlig respektive västlig riktning.....	17
Figur 3. De olika oxellokalernas geografiska positioner.....	18
Figur 4. Förhållandet mellan höjd och brösthöjdsdiameter (DBH) för samtliga inmätta träd på de olika lokalerna.	19
Figur 5. Förhållandet mellan krondiameter (KD) och brösthöjdsdiameter (DBH) för samtliga träd där de två mätningarna gjorts.	19
Figur 6. Förhållandet mellan maximal krondiameter (MaxKD) och brösthöjdsdiameter (DBH) för samtliga träd där de två mätningarna gjorts.	20
Figur 7. Den fällda oxelns årsringsbredder på 1,3 meters höjd, i nordlig och östlig riktning.	24
Figur 8. Oxelns utbredning och antal per län i Sverige enligt Riksskogstaxeringens glidande femårsmedelvärde för år 2021. Grå färg betyder att ingen oxel registrerats i länet.	26
Figur 9. Oxelns utbredning och stamtäthet per län i Sverige enligt Riksskogstaxeringens glidande femårsmedelvärde för 2021. Grå färg betyder att ingen oxel registrerats i länet.	27
Figur 10. Den relativa frekvensen av fältskiktscategorier på hela arealen i de län med oxelförekomst samt för de provytor där oxel förekommer.	27
Figur 11. Den relativa frekvensen av fuktighetsklasser på hela arealen i de län med oxelförekomst samt för de provytor där oxel förekommer.	28
Figur 12. Den logaritmiska modellen $\ln h = \beta_0 + \beta_1 * \ln DBH + \beta_2 * L$ för DBH-Höjd-förhållandet	29
Figur 13. DBH-Höjd-modellen transformerad till $h = C * DBH^{\beta_1} * e^{\beta_2 L} * e^{\sigma^2}$	29
Figur 14. Graf över $KD = \beta_0 + \beta_1 * DBH + \beta_2 * L$	30
Figur 15. Graf över $MaxKD = \beta_0 + \beta_1 * DBH + \beta_2 * L$	30

Figur 16. Histogram över antalet träd per genomsnittlig årlig tillväxt, uppdelat på 0,5 mm - klasser.....	31
Figur 17. Höjdtutvecklingen över tid för en oxel.....	32
Figur 18. Brösthöjdsdiameterutveckling för en oxel.....	33
Figur 19. Den fällda oxelns stamradier i nordlig och östlig riktning samt tillhörande tabell med genomsnittlig årsringsbredd för respektive höjd. Vid 0 meters höjd finns ingen medelårsringsbredd på grund av röta.....	33
Figur 20. Variation i årsringsbredd vid brösthöjd för den nedsågade oxeln. Därtill presenteras PreDr, Dr, PostDr tillsammans med Rt, Rc och Rs för de tre torkåren 1976, 1992 och 2018.....	34

1. Introduktion

Oxeln, *Sorbus intermedia*, är en relativt obeforskad art i den svenska trädslagsfloran med en del säregna egenskaper. Den beskrivs som ett litet träd som framför allt återfinns i halvöppna landskap och skogsbryn (Mossberg & Stenberg 2010), som föredrar kalkrika jordar (Rich et al. 2010). Oxeln är värdefull för ekosystemen som pollen- och bärproducent (Jansson et al. 2015) och därtill är den tolerant mot frost, vind, salt och antropogena luftföroreningar (Rich et al. 2010; Jansson et al. 2015).

Oxel reproducerar sig asexuellt genom apomixis (Nelson-Jones et al. 2002; Rich et al. 2010; Leo 2015). Den förökar sig med andra ord med hjälp av frö som bara innehåller DNA från moderträdet, vilket resulterar i att avkommorna är kloner därav. Emellertid förekommer hybrider mellan oxel och andra *Sorbus*-arter som förökar sig sexuellt (Nelson-Jones et al. 2002).

Beträffande artens ursprung har det påvisats, med hjälp av DNA-analys, att det finns arvs massa från tre olika arter i *Sorbus*-släktet, nämligen vitoxel, *Sorbus aria*, rönn, *Sorbus aucuparia*, och tyskoxel, *Sorbus torminalis*. Oxeln är att betrakta som en hybrid av minst dessa tre arter (Nelson-Jones et al. 2002; Leo 2015; Németh et al. 2020).

I motsats till andra *Sorbus*-arter är oxeln motståndskraftig mot päronpest (*Erwinia amylovora*), men angrips ofta av rotröta (*Heterobasidion annosum*) när den växer i närheten av barrträd eller stängselstolpar tillverkade av barrträdsvirke (Skovsgaard 2013).

Oxeln har ett naturligt utbredningsområde som sträcker sig från Östersjöns kustområden i Danmark, Polen, Tyskland, och Baltikum till *Limes Norrlandicus* (den biologiska norrlandsgränsen (Håkansson 2000)) i norr (White et al. 2005; Mossberg & Stenberg 2010; Rich et al. 2014). Ett trädslag med så begränsat utbredningsområde, med relativt få individer och med apomiktisk förökning har svårt att hantera klimatförändringar. Detta i kombination med att huvuddelen av utbredningsområdet finns i Sverige ger landet ett extra stort ansvar för att bevara arten och undersöka oxelns möjligheter till att överleva i framtiden, i enlighet med konceptet *national responsibility species* (Schmeller et al. 2014; Kukkala et al. 2019).

Jämfört med de stora produktionsträdslagen är oxeln ekonomiskt obetydlig i dag. Det kan tilläggas att virket från en släkting och anfader till oxeln, tyskoxeln, *Sorbus torminalis*, anses vara ett av de högst värderade träslagen i Europa (Welk et al. 2016) även om dess virke bör betraktas som en småskalig nischprodukt.

Historiskt har oxelns hårda, tunga virke använts till bland annat hyvelstockar och kuggar i kugghjul (Nilsson 1949; Hultgren & Hamilton 1975). I figur 1 visas ett foto på hur oxelvirke använts (Hultgren & Hamilton 1975).



Figur 1. Bild på kugghjul med kuggar i oxelvirke. Bildtexten i Hultgren & Hamilton (1975) lyder ”I Ösjöfors pappersbruk från 1777 är allt maskineri av trä. Det stora hjulets kuggar är tillverkade av oxel – segast av träslag.”. Foto: August Christian Hultgren, Östergötlands museums samlingar.

Oxelns tillväxt anses vara långsam (Nilsson 1949; Jansson et al. 2015) och trädet sägs sällan uppnå en höjd över 20 meter (Jansson et al. 2015; Skogskunskap 2024). Det finns inga publicerade vetenskapliga artiklar som kvantifierar oxelns tillväxt, tillväxtmönster eller allometrisk förhållanden. Därtill finns ytterst lite erfarenhet och ingen beskrivning av vad som skulle kunna vara optimal skötsel för oxeln. Mer kunskap om ovanstående skulle ge bättre förutsättningar för kloka skötselbeslut genom träffsäkrare värdering av ekosystemtjänster kopplade till oxel. Detta för att värdet av virkestillväxten i sådana fall kan ställas mot andra tjänster som oxeln producerar.

Tillväxt brukar beskrivas i höjd och stammens diametertillväxt. Två vanliga allometrisk förhållanden att mäta och analysera är stamdiameter – höjdförhållande respektive stamdiameter – kronutbredning, ofta krondiameter (den lodräta projektionen av kronans ytterkant). Vidare kan årsringsutveckling i förhållande till väderdata användas för att uppskatta hur ett träd reagerar på torkstress (Lloret et al. 2011; Schwarz et al. 2020). Information om ovan nämnda egenskaper kan vara av stort värde vid etablering av skogsbestånd, för att göra

förutsägelser om utveckling av oxelbestånd och enskilda träd och för att formulera gynnsamma skötselstrategier.

Diameter-höjdförhållande

Två av de mest betydelsefulla måtten på ett träds storlek är trädets höjd och brösthöjdsdiameter (DBH), det vill säga trädets diameter på bark 1,30 meter över markytan (Skovsgaard 2004). Det allometrisk förhållandet mellan DBH och höjd har modellerats ett stort antal gånger för många olika trädslag med olika typer av modeller (Kenefic & Nyland 1999; Sumida et al. 2013; Cheng et al. 2019).

Korrelationen mellan diameter och krondiameter

Förhållandet mellan DBH och krondiameter (KD) är viktigt vid planering av planteringsförband och gallring för att gynna framtida huvudstammar med lagom avstånd mellan varandra (Attocchi & Skovsgaard 2015). Beroende på måldiameter kan optimala avståndet mellan huvudstammar beräknas med hjälp av förhållandet. Skötselplaner kan på så sätt upprättas för att undvika att hämma tillväxten på grund av att kronorna stör varandra. Förhållandet har därför upprepade gånger varit föremål för mätning och analys (Dawkins 1963; Hemery et al. 2005). En grov uppskattning av förhållandet för fristående träd, oberoende av trädslag, är att $DBH:KD = 1:20$ (Skovsgaard 2024)

Årsringsanalys och torkstress

För att skatta hur ett trädslag reagerar på förutspådda klimatförändringar är en nyckel att ha förståelse för hur trädet reagerar på torka. Det har framarbetats olika metoder att med hjälp av årsringsbredder och väderdata kvantifiera ett trädslags reaktion på torka (Schwarz et al. 2020). Generellt anses arter i *Sorbus*-släktet vara torktåliga (Vogt 2001; Schmucker et al. 2023).

1.1 Mål och hypoteser

Det övergripande målet med uppsatsen är att på ett vetenskapligt sätt beskriva flera av oxelns egenskaper. Det innefattar att söka svar på följande frågor:

1. Hur sträcker sig den svenska delen av utbredningsområdet och på vilka typer av marker förekommer den?
2. Hur är oxelns allometrisk förhållanden beträffande brösthöjdsdiameter och höjd?
3. Hur är oxelns allometrisk förhållanden beträffande brösthöjdsdiameter och kronutbredning?
4. Hur fort växer oxeln?
5. Hur känslig är oxeln för torka?

Mot bakgrund av inledningens beskrivning av oxeln, är målet med denna uppsats också att på ett vetenskapligt sätt undersöka om följande hypoteser kan vederläggas:

1. Oxelns svenska utbredningsområde sträcker sig från Skåne i söder till den biologiska norrlandsgränsen i norr.
2. Oxeln blir inte högre än 20 meter, oavsett brösthöjdsdiameter.
3. Förhållandet mellan brösthöjdsdiameter och krondiameter är 1:20.
4. Oxelns diametertillväxt är i genomsnitt högst 5 mm/år.
5. Oxel är ett torktåligt trädslag jämfört med andra lövträdslag i dess utbredningsområde.

2. Material och metod

För att nå målen med uppsatsen gjordes fyra undersökningar och data inhämtades från olika källor (tabell 1). Den första undersökningen berörde oxelns utbredning och på vilka marktyper oxeln förekommer. Data angående det erhöles från Riksskogstaxeringen (2024). Den andra undersökningen behandlade de allometrisk förhållanden som beskrivs i frågeställning och hypotes nummer 2 och 3 med hjälp av data som inhämtats genom mätning av träd. Den tredje undersökningen hanterade oxelns diametertillväxt; den berörde frågeställning och hypotes nummer 4. Även för undersökning tre tillhandahölls data av Riksskogstaxeringen (2024). Den sista i ordningen, undersökning fyra, innebar insamling och analys av ett enskilt nedsågat träd. Undersökningen berörde både höjdutveckling, diameterutveckling och reaktion på torkperioder för det enskilda trädet och därmed berördes frågeställning och hypotes 2,4 och 5.

Tabell 1. De olika numrerade undersökningarna med tillhörande datakällor samt vilken eller vilka hypoteser som hanterades av respektive undersökning. Varje hypotes har också en korresponderande frågeställning med samma nummer.

Nr	Undersökning	Datakälla	Hypotes
1	Förekomst	Riksskogstaxeringen	1
2	Allometrisk förhållanden	Inmätta träddata	2 och 3
3	Diametertillväxt	Riksskogstaxeringen	4
4	Tillväxt och torkreaktion	En fälld oxel	2,3 och 4

I de fall data från Riksskogstaxeringen använts för analys handlar det om tre olika dataset som tillhandahållits. Ett dataset med information från alla permanenta provytor som sedan 1983 innehållit någon oxel användes vid analyser av marktyper och diameterutveckling. Varje ytas fältskikt och fuktighetsklass ingick i datasetet. I Riksskogstaxeringens instruktion (Inst. f. skoglig resurshushållning & Inst. f. mark och miljö 2024) framgår hur mätningarna utfördes och att de genomfördes ”på alla ägoslag utom bebyggd mark, sötvatten och saltvatten”, när det gäller stamräkning och klavning. Ett annat av Riksskogstaxeringens dataset med skattade antal oxelträd per län användes för att undersöka oxelns geografiska utbredning. Ett tredje dataset med skattade arealer per fältskiktskategori och fuktighetsklass i varje län där oxel förekommer enligt Riksskogstaxeringen nyttjades. Provyteutläggning och -utformning beskrivs av Fridman et al. (2014). Dataseten är att betrakta som resultatet av ett stratifierat slumpmässigt urval. När skattningar gjorts av Riksskogstaxeringen hänvisas till Åkesson & Westerlund (2014).

2.1 Förekomst

Utbredning

Riksskogstaxeringen (2024) tillhandahöll data gällande uppskattade stamantal per länsdel. Antalet beräknades på motsvarande sätt som andra egenskaper enligt Åkesson & Westerlund (2014), med hjälp av data angående provytors ungefärliga geografiska position, provytors storlekar och landets areal. Träd från och med 1 dm höjd och uppåt inmätta enligt Riksskogstaxeringens fältinstruktion (Inst. f. skoglig resurshushållning & Inst. f. mark och miljö 2024) är inkluderade i skattningarna. Kartor över stamantal och stamtäthet per län skapades. Areal per län hämtades från SCB (1999).

Fältskikt och fuktighet

Data angående fältskiktet på alla Riksskogstaxeringens (2024) permanenta provytor med oxel användes för att beräkna den relativa frekvensen av provytor per fältskiktskategori. Kategorierna var Kråkbär/Ljung, Blåbär/Lingon, Starr/Fräken, Gräs/utan fältskikt och Ört. Den relativa arealen av respektive fältskiktskategori för alla län där oxel noterats beräknades med hjälp av Riksskogstaxeringens (2024) glidande 5-årsmedelvärden (för 2019-2023) för de berörda länen. De olika relativa frekvenserna visualiserades sedan i ett stapeldiagram.

För att visa oxelns relativa förekomst och den relativa arealen per fuktighetsklass, utfördes samma steg som för fältskiktspreferens. Fuktighetsklasserna som användes var Blöt, Fuktig, Frisk-fuktig, Frisk och Torr.

2.2 Allometrisk förhållanden

2.2.1 Urval

För att samla in data behövdes lämpliga lokaler och träd. Lokaler efterlystes i media där enskilda fick tipsa om ”stora oxlar, roliga oxlar och områden där det finns många oxlar” (Inst. för sydsvensk skogsvetenskap 2024a) och ett visst uppsökande arbete mot kommuner, Svenska kyrkan och personal vid SLU i Alnarp gjordes. Efter att kandidatlokaler identifierats värderades de genom att bedöma om det handlade om en egenskapsmässig ytterlighet eller om det fanns många individer på platsen, vilket i båda fallen resulterade i att mätningar utfördes. På de lokaler som valdes ut mättes antingen alla närvarande oxlar eller gjordes det ett stratifierat slumpmässigt urval efter storleksklass för att få ett representativt stickprov från respektive lokal. Stickprovsstorleken varierade mellan 13 och 38 träd. Träd med fler än en stam vid 1,3 meters höjd valdes bort.

2.2.2 Mätningsteknik och inledande beräkningar

Höjd

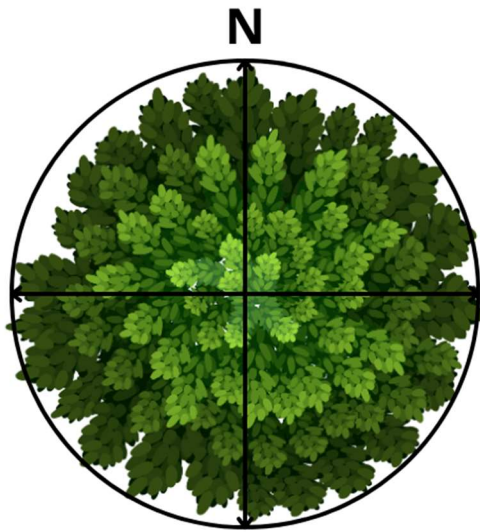
Höjd mättes med en Haglöf Vertex IV (Haglöf Sweden AB 2005), i dm-skala, från de fyra väderstrecken och ett aritmetiskt medelvärde för de fyra mätningarna beräknades. Om marken lutade kraftigt eller om en bra mätpunkt av säkerhetsskäl inte gick att nå uteslöts berörd mätning. Vissa träd har därför ett medelvärde från 2 eller 3 mätningar.

DBH

Vid 1,3 meters höjd mättes antingen omkretsen med ett måttband eller diametern i två vinkelräta riktningar med en klave, så kallad korsklavning (i mm-skala). Vid mätning av omkrets dividerades omkretsen med π för att beräkna en teoretisk motsvarande brösthöjdsdiameter. Detta gjordes med antagandet att trädstammens horisontella genomskärningsyta kan approximeras till en cirkel. Vid klavning beräknades ett medelvärde av de två mätningarna vilket noterades som trädets diameter.

Krondiameter

För att beräkna krondiametern mättes kronans radie (KR) i dm, i de fyra väderstrecken. Detta skedde genom avståndet mellan centrum på stammen och den punkt som för respektive väderstrecks linje skars av den lodräta projektionen av konans utbredningsgräns på markytan. Figur 2 illustrerar hur mätningarna gjordes i de fyra väderstrecken. Om kronan i en riktning gick emot ett annat trädets krona noterades det för den specifika riktningen. Om det av säkerhetsskäl var omöjligt att göra mätningen i någon riktning utelämnades mätningen i den riktningen.



Figur 2. Bild som visar hur kronradierna mättes, ur ett ovanifrånperspektiv. Varje pil från centrum ut till kronans utbredningsgräns sett ovanifrån mättes upp. N:et visar nordriktningen och implicerar att övriga mätningar gjordes i östlig, sydlig respektive västlig riktning.

Ett aritmetiskt medelvärde beräknades sedan för KR för varje träd. Endast mätningar i de riktningar som kronan inte varit i kontakt med ett annat träds krona användes i beräkningen. Kronradiemedelvärdet dubblerades sedan till en krondiameter (KD) per träd.

Vidare beräknades också en maximal KD (MaxKD) för varje träd, genom att den största uppmätta KR multiplicerades med 2, detta för att ge en möjlighet till att kunna jämföra trädets diameter med träd som vuxit helt fritt. Radien i den riktning som kronan tillåts växa sig störst i antas i denna undersökning motsvara ett friväxande träds KR.

2.2.3 Inmätta data

Sammanlagt insamlades data från sju lokaler. Information om varje lokal och vilken typ av data som samlats in från varje plats visas i tabell 2. Ett enskilt träd mättes in i Vrena, Södermanland. Samtliga träd är koordinatsatta, med undantag för de i lokal Snogeholm. Noggrannare beskrivningar av alla lokaler återfinns i Bilaga A. Alla mätningar i Snogeholm är utförda av Enheten för skoglig fältforskning vid SLU.

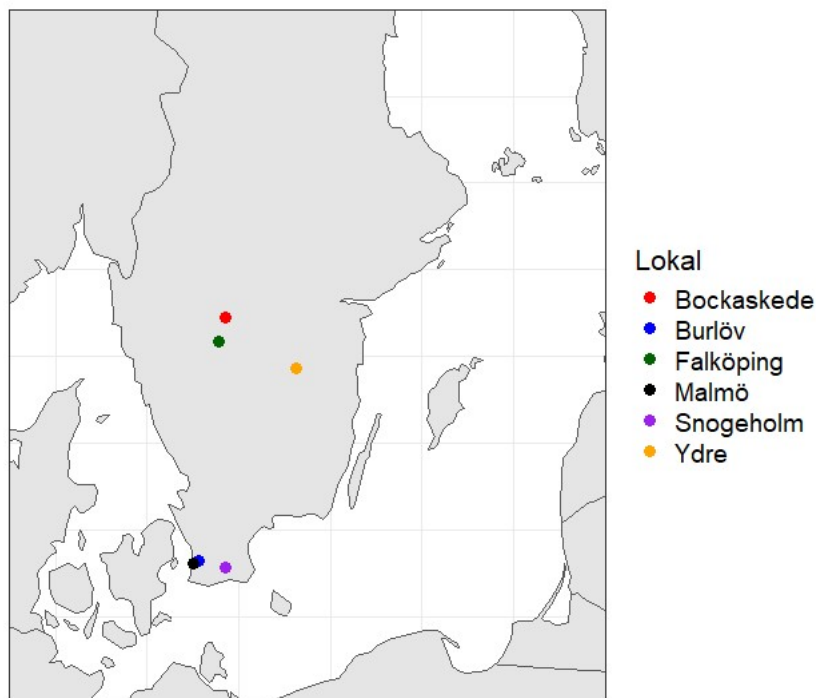
Tabell 2. Lokaler med oxelträd som mätts, vilka data som samlats in, antal mätta träd samt lokalbeskrivning.

Nr	Lokal (län)	Data	Antal träd (st)	Lokalbeskrivning
1	Bockaskede (V. Götaland)	H, DBH, KR	20	Halvöppet beteslandskap
2	Burlöv (Skåne)	H, DBH, KR	38	Planterade oxlar i parkmiljö
3	Falköping (V. Götaland)	H, DBH	13	Planterade oxlar i skogsmiljö
4	Sibbarp (Skåne)	H, DBH, KR	43	Planterade oxlar i parkmiljö
5	Snogeholm (Skåne)	H, DBH	50*	Oxlar planterade i skogsbestånd
6	Ydre (Östergötland)	H, DBH, KR	37	Halvöppet beteslandskap
7	Vrena** (Södermanland)	H, DHH, KR	1	Planterad oxel i parkmiljö

* I Snogeholm har ett stickprov av träden mätts 3 gånger, 2008 (33 st), 2016 (10st) och 2023 (7 st).

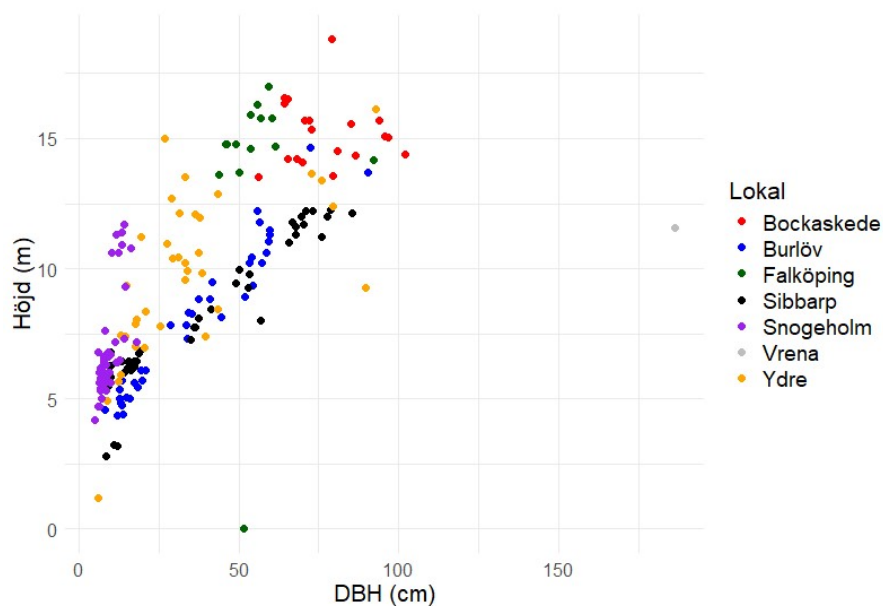
** I Vrena mättes Sveriges kanske grävsta nu levande oxel. Se Bilaga A för bild.

I figur 3 presenteras en karta med de geografiska positionerna för lokalerna som motsvarar 201 av totalt 202 mätpunkter.



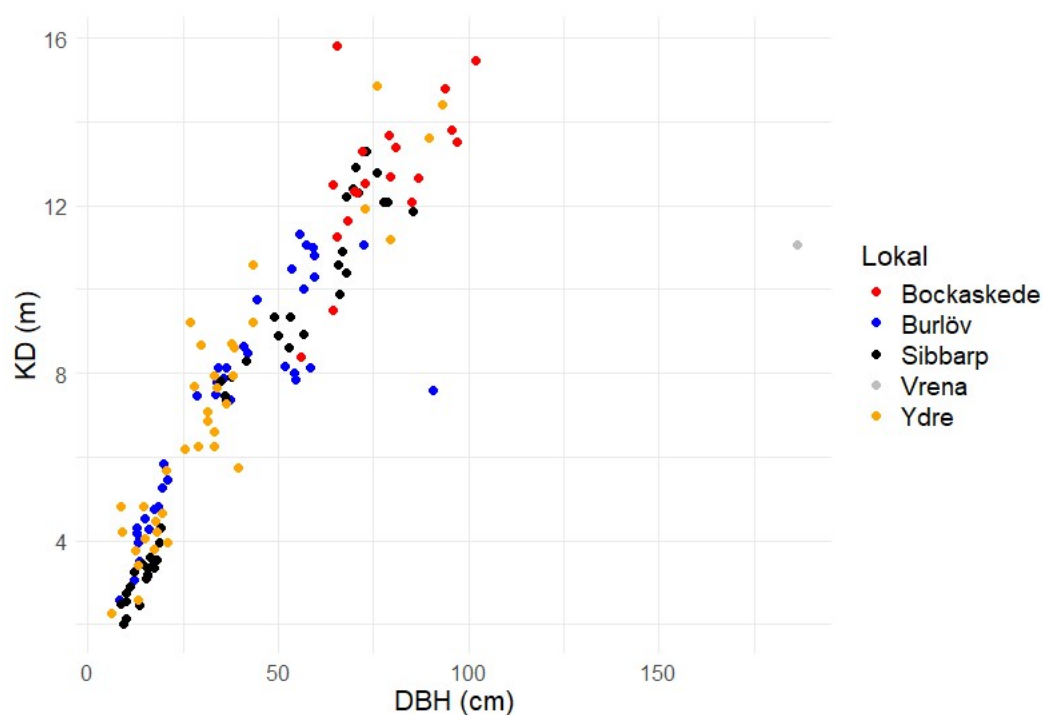
Figur 3. De olika oxellokalernas geografiska positioner.

De 202 uppmätta trädens allometriska förhållanden uppdelat på lokal presenteras nedan. I figur 4 visas DBH-höjd-förhållandet. Den högsta uppmätta höjden och grävsta uppmätta diametern var i datasetet 18,8 m respektive 186 cm (102 cm om oxeln i Vrena utesluts).



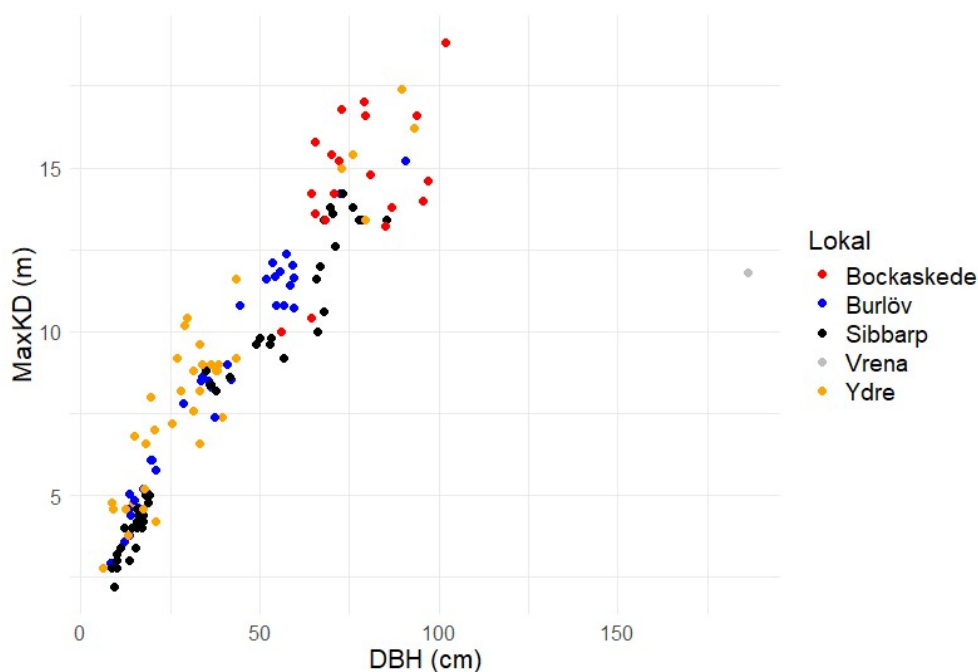
Figur 4. Förhållandet mellan höjd och brösthöjdsdiameter (DBH) för samtliga inmätta träd på de olika lokalerna.

Samtliga träd med uppmätt DBH och KD, 163 st, visas i figur 5 uppdelade i lokal. Högsta KD var 15,8 m och grövsta DBH var 186 cm.



Figur 5. Förhållandet mellan krondiameter (KD) och brösthöjdsdiameter (DBH) för samtliga träd där de två mätningarna gjorts.

MaxKD över DBH visas i figur 6. Den högsta MaxKD uppmättes till 18,8 m.



Figur 6. Förhållandet mellan maximal krondiameter (MaxKD) och brösthöjdsdiameter (DBH) för samtliga träd där de två mätningarna gjorts.

2.2.4 Datakategorisering

Varje träd tilldelades en av två lokaltyper: *park* eller *skogsmark*. Träd som återfanns i urbana miljöer, inklusive vägträd, kategoriserades till lokaltypen *park*. Övriga träd återfanns på skogsmark enligt FAO:s definition (FAO 2023) och tilldelades lokaltypen *skogsmark*. Undantag finns i Ydre och Bockaskede där träd mättes i områden som betas av nötkreatur respektive får åtminstone under någon period per år. Då dessa trädbeklädda marker i övrigt uppfyller FAO:s definition av skogsmark inkluderades träd därifrån i den lokaltypen. Träden som inkluderas i lokaltypen *skogsmark* var vid mätningstillfället utsatta för varierande grad av konkurrerande vegetation.

Trädet i Vrena uteslöts ur datasetet innan den statistiska analysen utfördes på grund av databrist mellan DBH = 102 cm och Vrena-trädets DBH = 186 cm (som framgår i figur 4,5 och 6). Inkludering skulle försämra möjligheterna att göra tillämpbara och relevanta modeller. Då kronradie inte mättes på alla lokaler varierade antalet datapunkter beroende på vilken analys som gjordes. Ytterligare ett träd uteslöts i undersökningen gällande höjd för att ingen höjd hade registrerats på trädet i fråga. Vid analys av DBH-höjd fanns således 199 datapunkter, vid DBH-KD och DBH-MaxKD fanns 138 datapunkter. Det beror på att kronradie inte var mätt på alla lokaler, se tabell 2. Antal träd per lokaltyp efter datarensning vid respektive undersökning visas i tabell 3. Det är samma antal träd per lokaltyp för båda analyserna som berör krondiameter.

Tabell 3. Antal träd per analys och lokaltyp

Analys	Lokaltyp	Antal träd (st)
DBH-Höjd	Totalt	199
	Skogsmark	118
	Park	81
DBH-KD och DBH-MaxKD	Totalt	138
	Skogsmark	56
	Park	82

2.2.5 Modellering

All statistisk analys utfördes i R (R Core Team 2024) under antaganden om homoskedasticitet, oberoende data och att feltermen $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$. Två modeller användes, en för DBH-höjd och en för DBH-KD och DBH-MaxKD (tabell 4).

För DBH-höjd-förhållandet applicerades en logaritmisk modell med grunden

$$y = a + x^b$$

vilket är en vedertagen modell för allometrisk förhållanden (Gayon 2000), där y och x är mått från organ hos en organism och där a och b är parametrar.

Grundformens log-transformerade version

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

där ln är den naturliga logaritmen, användes vid modellpassningen då det möjliggör användande av den relativt enkla minstakvadratmetoden.

För DBH-KD och DBH-MaxKD användes en linjär modell med grunden

$$y = a + bx$$

där y är KD eller MaxKD, x är DBH och a och b är parametrar. Den linjära modellen användes för dess enkelhet och för att hypotesen angående kronutbredning implicerar ett linjärt förhållande. Linjära modeller för sambandet har tidigare använts i andra studier (Dawkins 1963; Hemery et al. 2005; Attocchi & Skovsgaard 2015). I båda modellerna lades lokaltyp till som en kategorisk variabel och en interaktionsterm inkluderades.

Tabell 4. Teoretiska modeller för de allometrisk förhållandena.

Modellnummer	Teoretisk modell
1	$\ln(H_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DBH_{ij}) + \beta_2 * L_j + \beta_3 * \ln(DBH_{ij}) * L_j + \varepsilon_{ij}$
2	$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * DBH_{ij} + \beta_2 * L_j + \beta_3 * DBH_{ij} * L_j + \varepsilon_{ij}$

H_{ij} är höjden för träd i på lokaltyp j,

Y_{ij} är krondiametern eller den maximala krondiametern, beroende på undersökning, för träd i på lokaltyp j ,

DBH_{ij} är brösthöjdsdiameter för träd i på lokaltyp j

$$L_j = \begin{cases} 0, & \text{om } j = \textit{Park} \\ 1, & \text{om } j = \textit{Skogsmark} \end{cases}$$

$\beta_0 \dots \beta_3$ är parametrar och

ε_{ij} är feltermen för träd i på lokaltyp j .

Passning av modellerna gjordes med minstakvadratmetoden. För att finna den bästa modellen för respektive relation genomgicks en bakåtriktad stegvis modellreduktion. Om ursprungsmodellen innehöll variabler med $p > 0,05$ så togs den variabeln med högst p -värde bort. Detta upprepades tills det att modellen endast innehöll variabler med signifikant effekt på responsvariabeln, det vill säga med $p \leq 0,05$.

Interaktionstermerna som ingick i de ursprungliga teoretiska modellerna som visas i tabell 4 uteslöts som en följd av modellreduktionen. Övriga variabler hade signifikant effekt på respektive responsvariabel efter att interaktionstermen eliminerats.

Efter att den bakåtriktade stegvisa modellreduktionen genomförts transformerades modell 2 till motsvarande ekvation utan logaritmer för att kunna visualisera modellen i en graf med nominella axlar. Korrektionsfaktorn $e^{\frac{\sigma^2}{2}}$ lades till för att hantera den systematiska felskattningen som uppstår vid ett sådant förfarande (Miller 1984).

Grafer över residualernas spridning och Q-Q-plottar granskades visuellt för att kontrollera de antaganden som gjorts angående konstant normalfördelad varians.

2.3 Diameterutveckling

För att uppskatta oxelns diameterutveckling användes datasetet med mätningar från alla permanenta provytor där oxel förekommit som tillhandahålls av Riksskogstaxeringen (2024). Varje träd i provytorna har ett unikt ID och många av träden har mätts flera gånger. Datasetet innehöll träd med $DBH \geq 0$ och var inmätta beroende på respektive träds position i provytan (Inst. f. skoglig resurshushållning & Inst. f. mark och miljö 2024).

Diametertillväxten vid brösthöjd för återbesökta träd kvantifierades. Först gjordes en graf, se Bilaga B, för att få en överblick över datasetet. Det framgick att de flesta inmätta oxlarna har DBH som är mindre än 20 cm och att den grövsta är upp mot 60 cm. Träd som bara mätts en gång och de träd som i datasetet fått mindre DBH än vid en tidigare mätning uteslöts sedan ur datasetet. Det resulterade i 123 unika träd efter filtreringen.

Varje trädets medeltillväxt mellan dess första och sista mätning beräknades. Därmed varierar tidsperioden som medelvärdena gäller och maximalt antal träd inkluderades i beräkningarna. Sedan togs medelvärden för medeltillväxten fram för hela datasetet, de fem mest snabbväxande procenten och för de fem mest långsamväxande procenten. Medianen för hela datasetet noterades.

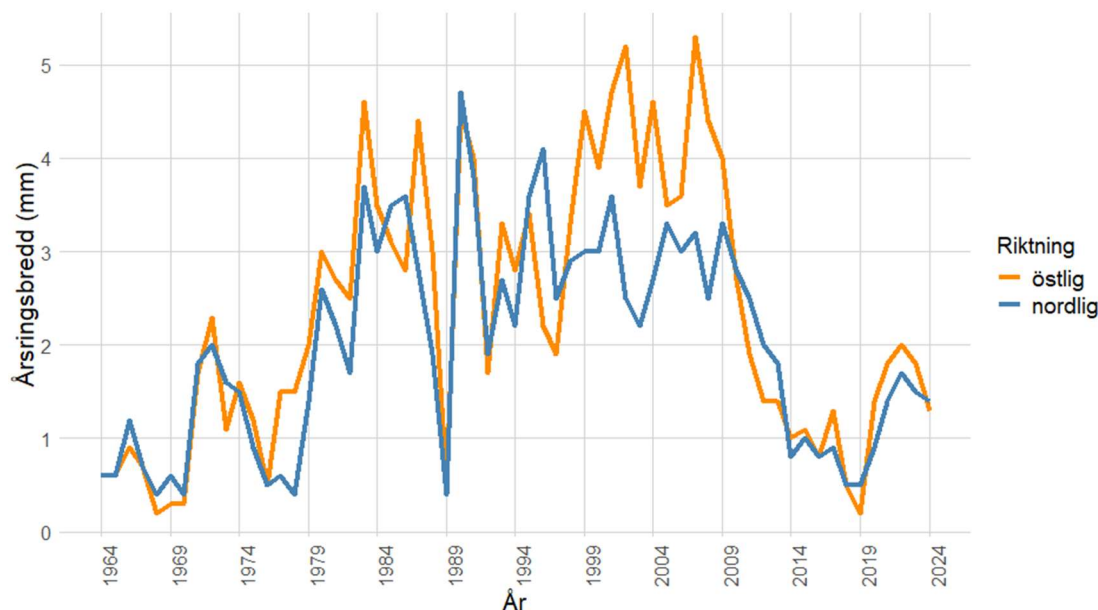
2.4 Tillväxt och torkreaktion för en enskild oxel

2.4.1 Urval

Ett träd ur lokal Ydre valdes för analys av ett trädets tillväxt och dess årsringar. Trädet ansågs vara det mest lämpliga trädet på lokalen för årsringsanalys eftersom kronan var relativt jämnt utbredd, trädet hade en tämligen genomgående stam och var vid fällningstillfället fritt växande. Det går inte att obestriddigt hävda att trädet under hela sin levnadstid vuxit fri från konkurrens av andra träd. Boskap har uppskattningsvis betat lokalen varje sommar under hela oxelns levnadstid och konkurrerande granar har i omgångar röjts bort i oxelns närhet.

2.4.2 Mätningsteknik

Årsringsdata samlades in genom att det utvalda trädet i lokal Ydre fälldes och mättes. Trissor sågades ut från varje meter räknat från marknivå till åtta meters höjd och därtill en trissa från 1,3 meter. Varje trissa slipades med en bandputs. Slippappren nyttjades i följande ordning baserat på kornstorlek: 40-80-120-240-320 och till sist 400 grit. Radier på varje trissa mättes i nordlig och östlig riktning med linjal med mm-skala. På trissan från 1,3 meters höjd mättes alla årsringsbredder i de två riktningarna med hjälp av mikroskop och skjutmått med en noggrannhet av tiondels mm. Då provet från marknivån hade röta i kärnan, redovisas resultat kopplade till ålder i brösthöjdsålder, det vill säga åldern vid 1,3 meters höjd. De årliga årsringsbredderna ansågs harmoniera väl i de två riktningarna som framgår i figur 7. Detta tydde på att årsringarna räknats på ett korrekt sätt, och att en jämförelse med väderdata var möjlig.



Figur 7. Den fällda oxelns årsringsbredder på 1,3 meters höjd, i nordlig och östlig riktning.

2.5 Analys och visualisering

Undersökningen av torkstressreaktion hos den nedsågade oxeln innebar tre steg: trendrensning, identifiering av torkår samt beräkning av olika index för att beskriva reaktionen på torkan. I vidare beräkningar med årsringsbredder användes ett medelvärde av årsringsbredden i nordlig och östlig riktning för varje år.

Trendrensning

För att hantera det generella mönster i årsringstillväxt som ett träd oftast uppvisar, ökande tillväxt till en viss ålder och sedan avtagande, behövde datasetet *trendrensas* (Worbes 2004). I annat fall hade beräkningar av trädets reaktion vid torka vid olika torkperioder blivit skev på grund av det specifika årets position i den långsiktiga trenden. Trendrensningen genomfördes i R med *dplR*-paketet (Bunn et al. 2024). *Detrend()*-funktionen användes med metoden *spline* och åraantalet *nyrs* = 30. Figur som visar trendrensningen återfinns i Bilaga B.

Torkårsbestämning

För att kunna undersöka hur trädet reagerat på torka måste tidsperioder där det varit torka identifieras. Sökandet avgränsades till helår, det vill säga varken längre eller kortare tidsperioder. Torkåren bestämdes genom att använda år som identifierats som torkår i sydöstra Sverige av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI 2024) och genom att kontrollera årsringsbredden för det specifika året mot närliggande års årsringsbredder för att se om det verkar finnas någon korrelation. Torkår att använda i fortsatta steg i undersökningen

bestämdes till 1976, 1992 och 2018. Året 1989 uppvisar mycket liten årsringsbredd i figur 7, men då detta år inte identifierats som ett torkår av SMHI inkluderades det inte i fortsatta undersökningar.

Indexberäkning

För att kvantifiera trädets reaktion på torka användes Lloret-index som beskriver motståndskraft (R_t), återhämtning (R_c) respektive resiliens (R_s) och som beräknas enligt

$$R_t = Dr/PreDr$$

$$R_c = PostDr/Dr$$

$$R_s = PostDr/PreDr$$

där Dr är torkårets årsring, $PreDr$ är medelårsringsbredden för perioden innan torkåret och $PostDr$ är medelårsringsbredden för perioden efter torkåret. Detta i enlighet med Lloret et al. (2011). Längder på tidsperioderna innan och efter ett torkår, som behövs för indexberäkningarna, varierar i olika studier och bestämdes i det här fallet till två år. Detta för att det är i intervallet som beskrivs av Schwarz et al. (2020) och används i två artiklar av Schmucker et al. (2023) och (2024), där det i båda fallen inte kunde påvisas någon signifikant skillnad mellan att använda 2, 3 eller 5 år. En kortare period gör risken mindre för att andra händelser som påverkar tillväxten inkluderas i beräkningarna.

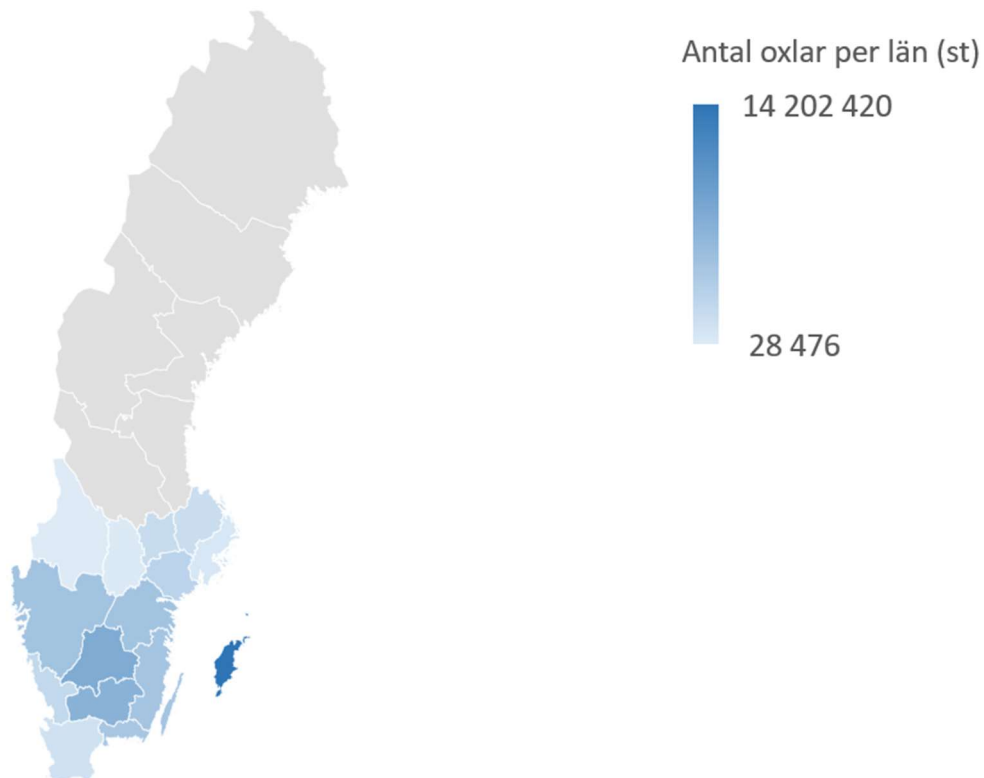
3. Resultat

3.1 Förekomst

Oxelns förekomst gällande geografisk utbredning, jord och fuktighet presenteras i kommande stycken.

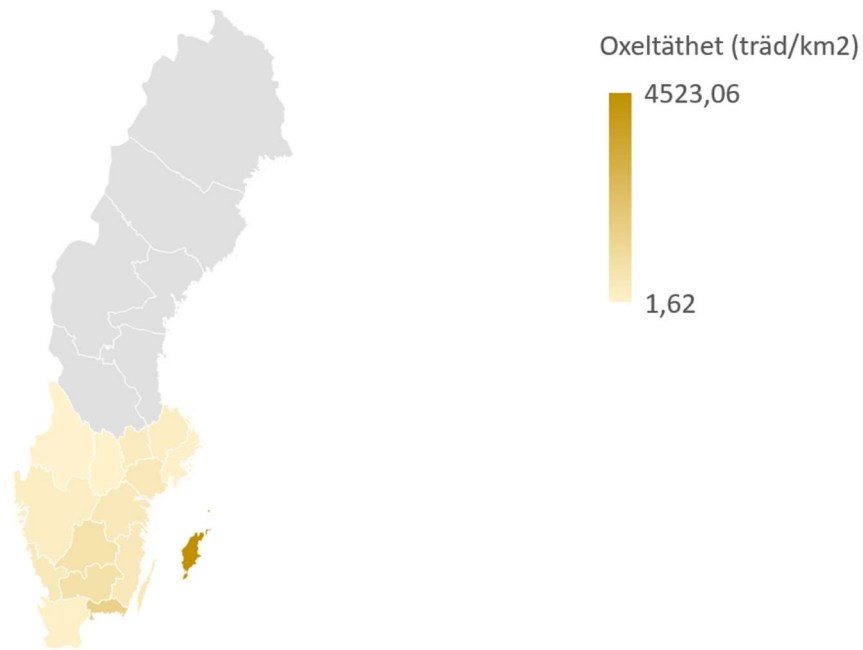
3.1.1 Utbredning

I figur 8 framgår i vilka län som oxel påträffats av Riksskogstaxeringen. Värdena motsvarar skattade antal oxlar per län. Totalt skattas att det 2021 fanns ca 57 000 000 oxlar i Sverige, utanför bebyggda områden. Detta med ett medelfel på 17,7 %. Värmland är det län med oxelförekomst som uppskattningsvis har lägst antal oxlar, ca 28 000 st och Gotland är det län med flest, ca 14 miljoner.



Figur 8. Oxelns utbredning och antal per län i Sverige enligt Riksskogstaxeringens glidande femårsmedelvärde för år 2021. Grå färg betyder att ingen oxel registrerats i länet.

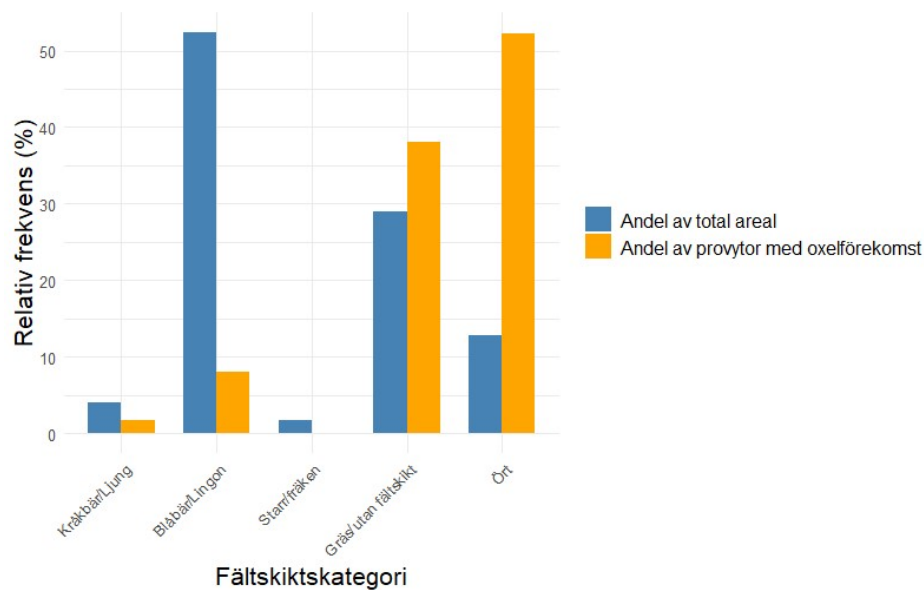
Oxeltätheten i respektive län visas i figur 9. På Gotland finns ca 4500 oxlar per kvadratkilometer, medan det i Värmland är ca 1,6 träd/km².



Figur 9. Oxelns utbredning och stamtäthet per län i Sverige enligt Riksskogstaxeringens glidande femårsmedelvärde för 2021. Grå färg betyder att ingen oxel registrerats i länet.

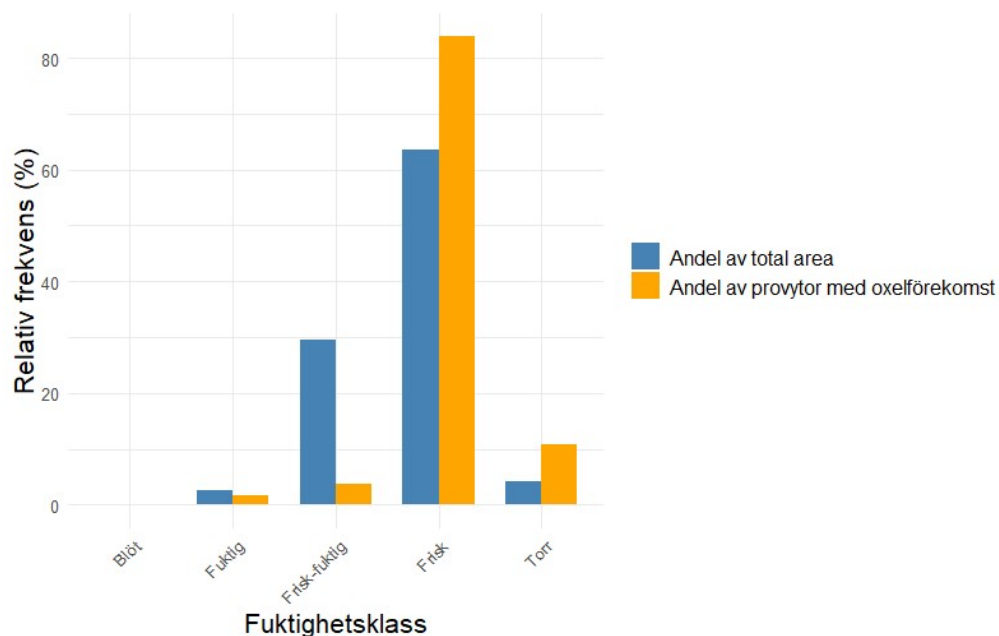
3.1.2 Förekomst per fältskiktscategori och fuktighetsklass

De relativa frekvenserna för oxelförekomst och areal per fältskiktscategori presenteras i figur 10. I de län där oxel förekommer är det vanligaste fältskiktet Blåbär/Lingon, men på de specifika platser där oxel växer dominerar i stället fältskiktet Ört.



Figur 10. Den relativa frekvensen av fältskiktscategorier på hela arealen i de län med oxelförekomst samt för de provytor där oxel förekommer.

De relativa frekvenserna för oxelförekomst och areal uppdelat per fuktighetsklass presenteras i figur 11. Vanligaste fuktighetsklassen är Frisk, vilket också är den vanligaste fuktighetsklassen där oxel förekommer. Det noteras vidare att det är en förhållandevis hög andel oxel på torr mark och en mycket låg andel på fuktiga lokaler.



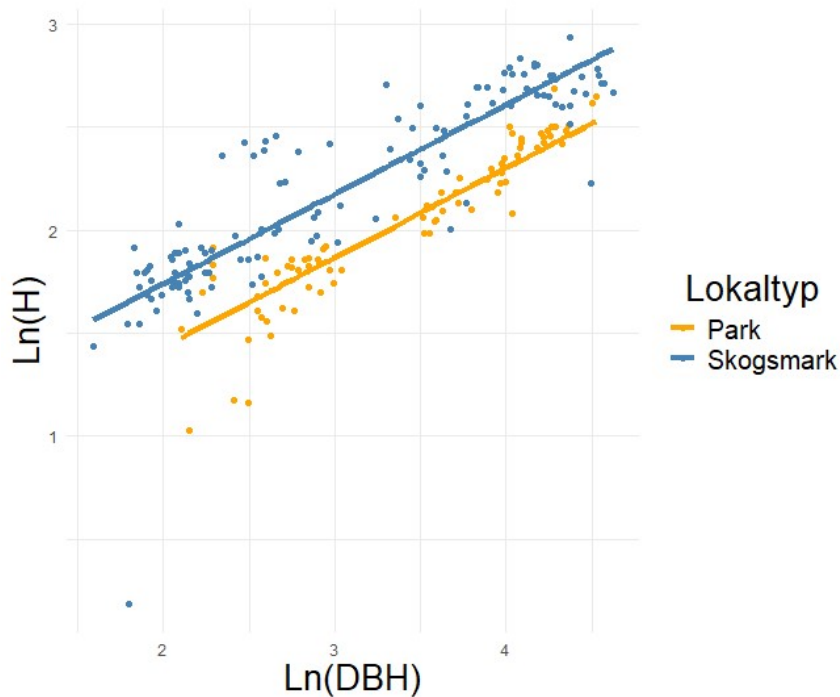
Figur 11. Den relativa frekvensen av fuktighetsklasser på hela arealen i de län med oxelförekomst samt för de provytor där oxel förekommer.

3.2 Allometrisk förhållanden

De allometrisk förhållanden som undersökts presenteras under respektive rubrik nedan. Tabeller med värden på parametrar med tillhörande statistik, samt diagnostikgrafer återfinns i Bilaga C.

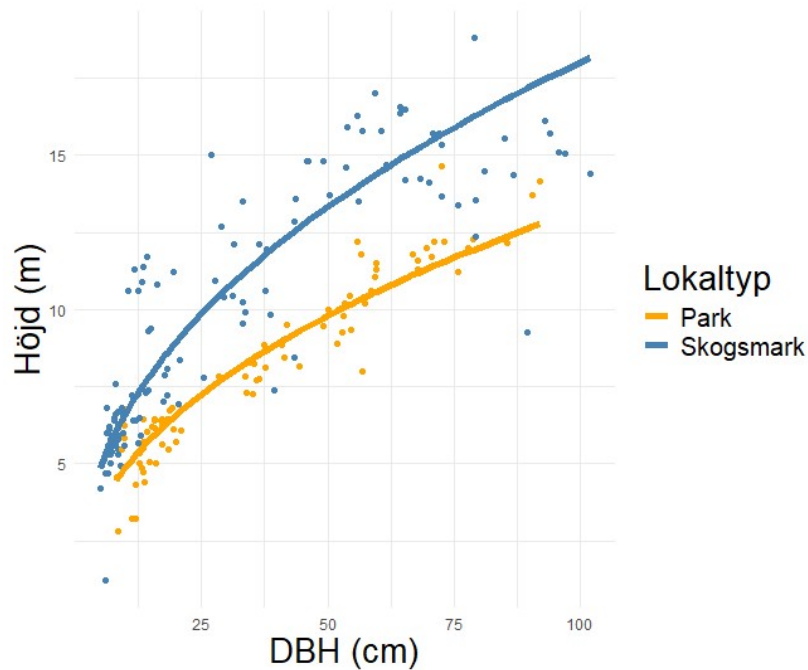
3.2.1 DBH-Höjd

Den logaritmiska modellen för DBH-höjd-förhållandet visas i figur 12. Träd i skogsmark uppvisar signifikant högre trädhöjd vid samma diameter i jämförelse med träd från parkmiljö.



Figur 12. Den logaritmiska modellen $\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DBH) + \beta_2 * L$ för DBH-Höjd-förhållandet

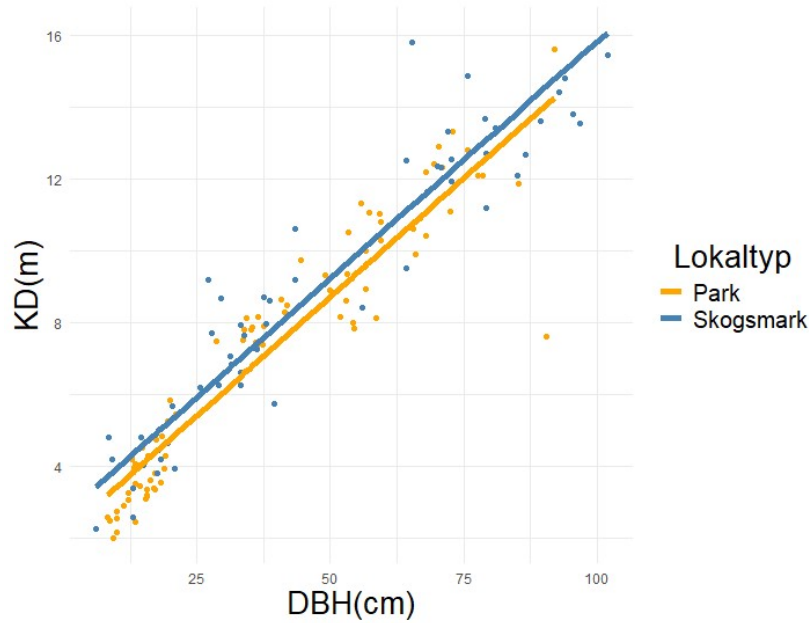
Den logaritmiska modellens motsvarighet med nominella axlar presenteras i figur 13. Båda lokaliteterna uppvisar en avtagande höjdtillväxthastighet med ökande brösthöjdsdiameter.



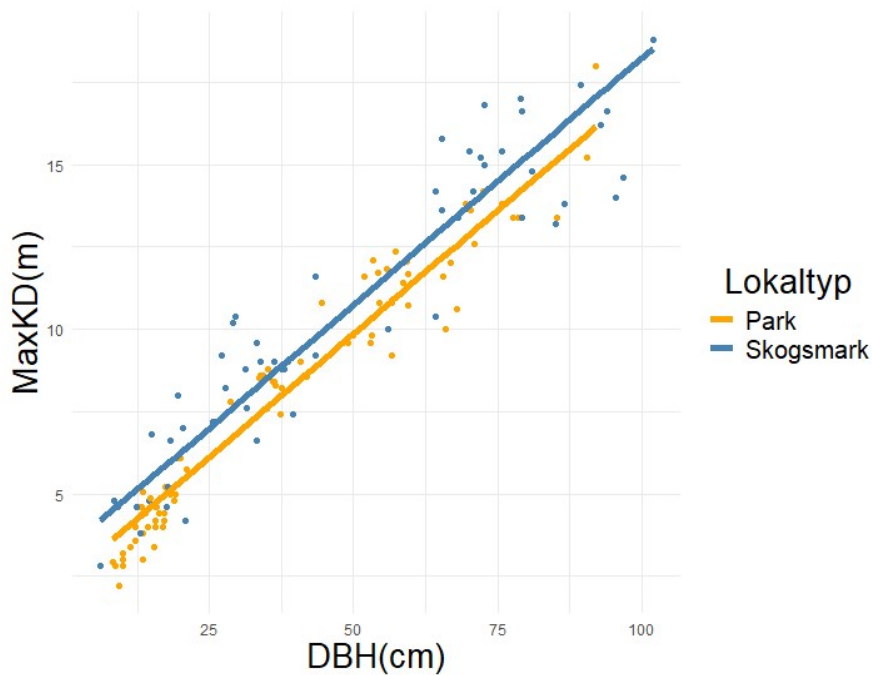
Figur 13. DBH-Höjd-modellen transformerad till $h = C * DBH^{\beta_1} * e^{\beta_2 L} * e^{\frac{\sigma^2}{2}}$

3.2.2 Kronutbredning

Modellerna för förhållandena DBH-KD och DBH-MaxKD visas i figur 14 respektive figur 15. I båda fallen framgår att oxlar på skogsmark i genomsnitt har signifikant större kronutbredning i förhållande till DBH, i jämförelse med träd i parkmiljö.



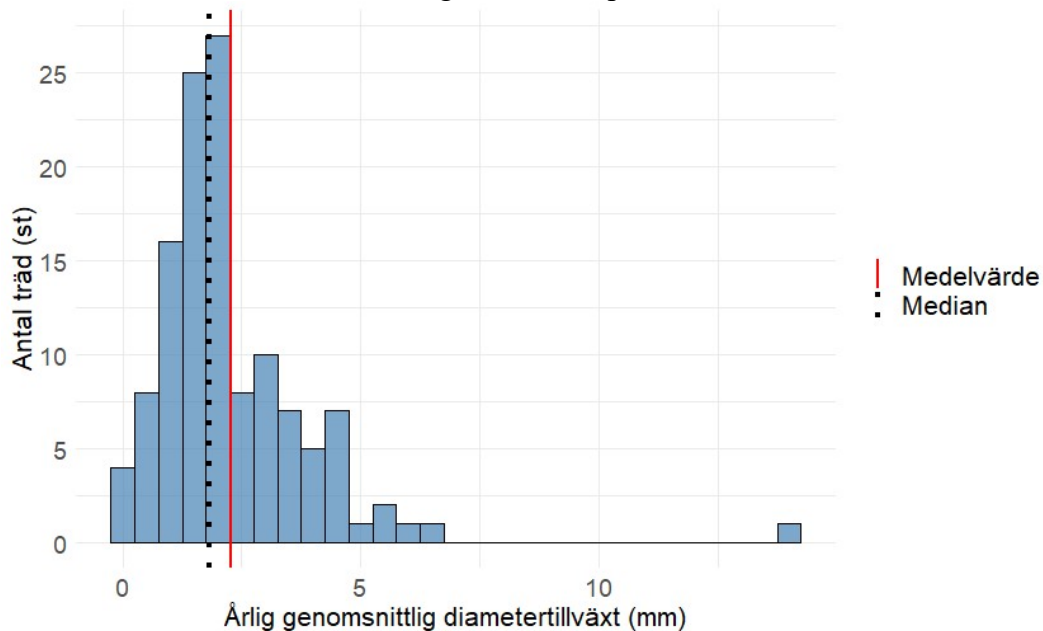
Figur 14. Graf över $KD = \beta_0 + \beta_1 * DBH + \beta_2 * L$



Figur 15. Graf över $MaxKD = \beta_0 + \beta_1 * DBH + \beta_2 * L$

3.3 Diametertillväxt

Fördelning av genomsnittlig diametertillväxt visas i figur 16 och kan beskrivas som en förskjuten normalfördelning. Den högsta medeltillväxten var 14,2 mm, vilket var uppmätt för ett träd som noterats två gånger av Riksskogstaxeringen, vilket innebär att det medelvärdet gällde för en period om 5 år.



Figur 16. Histogram över antalet träd per genomsnittlig årlig tillväxt, uppdelat på 0,5 mm-klasser.

Några mått på den genomsnittliga diametertillväxten hos träden som ingått i data som tillhandahållits av Riksskogstaxeringen visas i tabell 5.

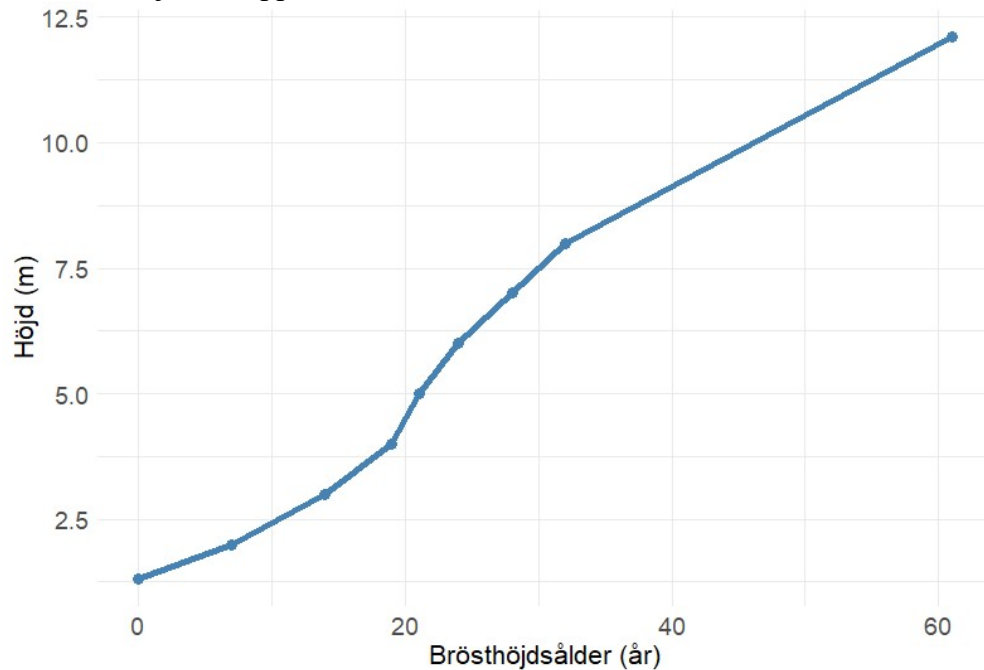
Tabell 5. Medelvärden gällande genomsnittlig diametertillväxt för olika delar av de av Riksskogstaxeringen inmätta oxlarna samt median för samtliga träd.

Mått	Diametertillväxt i brösthöjd (mm/år)
Medelvärde snabbast växande 5%	6,74
Medel hela datasetet	2,27
Median hela datasetet	1,83
Medelvärde långsammast växande 5%	0,26

3.4 Tillväxt och torkreaktion hos en oxel

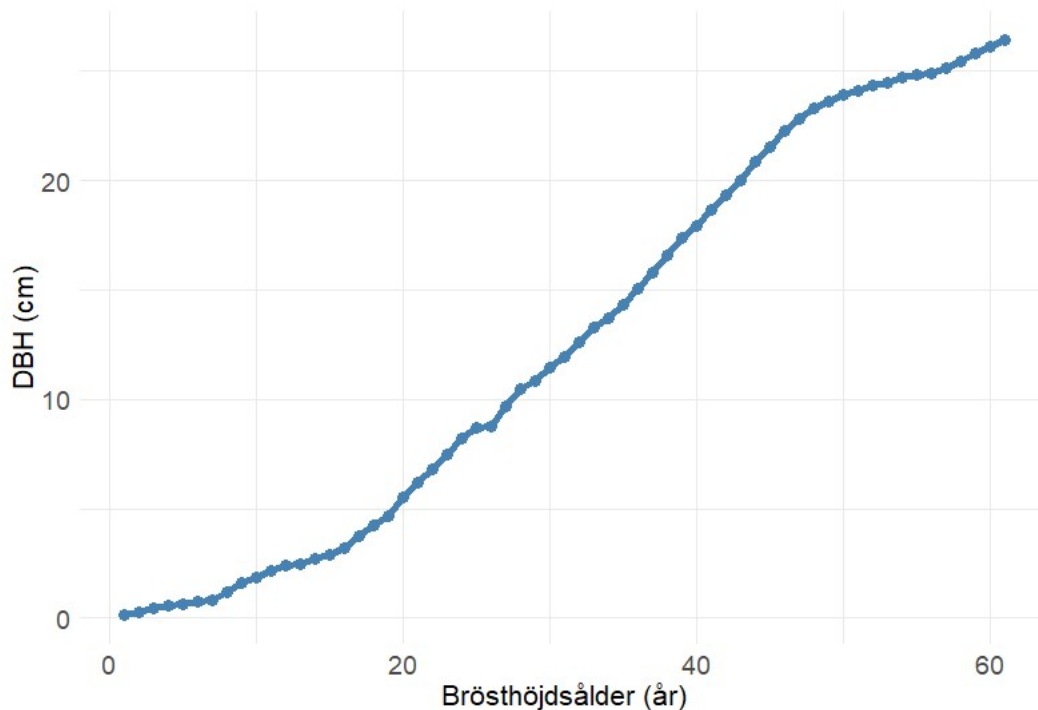
3.4.1 Tillväxt

Den nedsågade oxelns höjdtillväxt presenteras i figur 17. Höjdtutvecklingen uppvisar en tydlig sigmoidkurva med en genomsnittlig tillväxt på 17,7 cm per år från brösthöjd och uppåt.



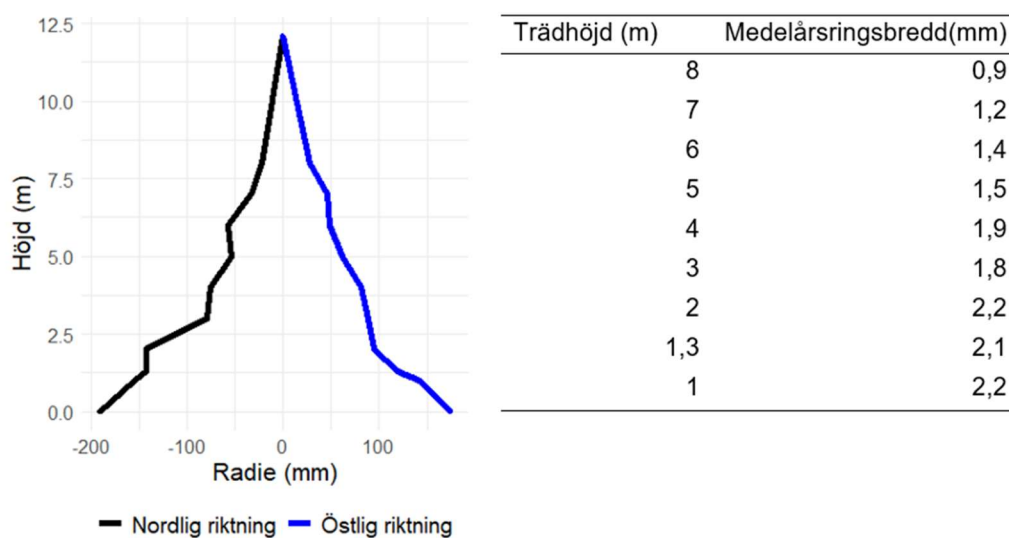
Figur 17. Höjdtutvecklingen över tid för en oxel.

I figur 18 visas diameterutvecklingen vid brösthöjd för den fällda oxeln. Tillväxthastigheten är lägre i början och i slutet, och i form av en sigmoidkurva, och relativt konstant högre mellan brösthöjdsålder 20 och 45. Genomsnittlig diameterutveckling över hela perioden var 4,3 mm/år.



Figur 18. Brösthöjdsdiameterutveckling för en oxel.

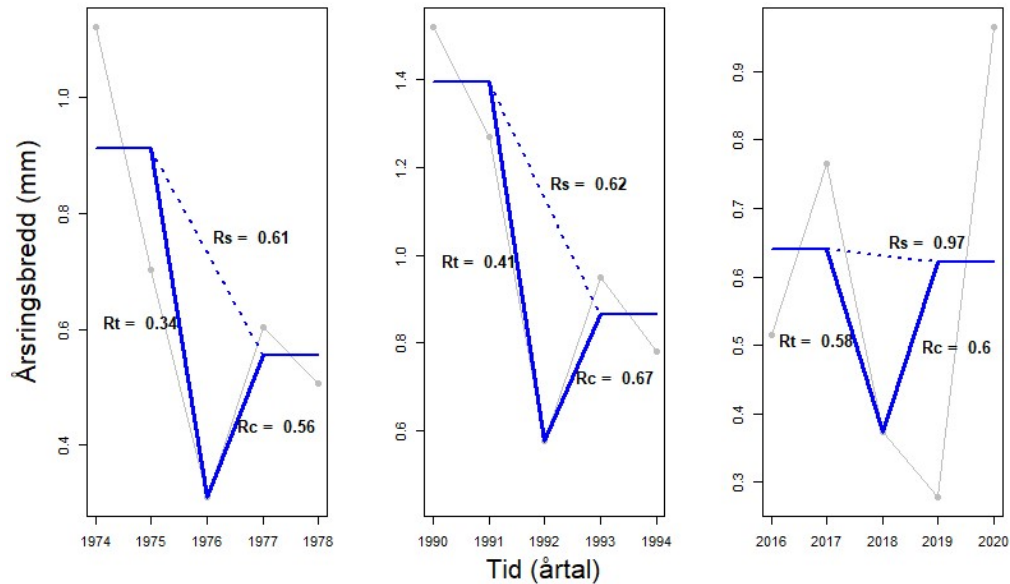
I figur 19 presenteras den nedsågade oxelns radie i nordlig och östlig riktning, vid olika höjder. Den genomsnittliga årsringsbredden vid de mätta höjderna visas i till figur 19 tillhörande tabell. Upp till 2 meter hade oxeln medelårsringsbredder strax över 2 mm, vilket indikerar en diametertillväxt på cirka 4 mm. Med högre höjd minskade medelårsringsbredden.



Figur 19. Den fällda oxelns stamradier i nordlig och östlig riktning samt tillhörande tabell med genomsnittlig årsringsbredd för respektive höjd. Vid 0 meters höjd finns ingen medelårsringsbredd på grund av röta.

3.4.2 Torkreaktion

Den nedsågade oxelns reaktioner och tillhörande Lloret-index framgår i figur 20, där de trendrensade årsringsbredderna visas tillsammans med de framräknade PreDr, Dr och PostDr. Medelvärden per indextyp för samtliga torkår är $R_t = 0,45$, $R_c = 0,61$ och $R_s = 0,73$



Figur 20. Variation i årsringsbredd vid brösthöjd för den nedsågade oxeln. Därtill presenteras PreDr, Dr, PostDr tillsammans med R_t = motståndskraft, R_c = återhämtning och R_s = resiliens för de tre torkåren 1976, 1992 och 2018.

4. Diskussion

4.1 Förekomst

Riksskogstaxeringens data visar att den endast förekommer i län söder om den biologiska norrlandsgränsen. Resultatet rörande oxelns förekomst i Sverige ger således inte fog för att på allvar ifrågasätta hypotesen.

Den höga koncentrationen oxel på Gotland och medelhöga i sydöstra Sverige kan antagligen hänföras till mängden halvöppna landskap, vilket är den miljö där oxeln i stor utsträckning återfinns (Mossberg & Stenberg 2010). Att det enligt resultatet finns ca 4500 oxlar per kvadratkilometer leder till fler frågor gällande hur det stora antalet träd är geografiskt spridda och hur de är fördelade i storleksklasser.

Angående oxelns preferenser tyder graferna gällande fältskikt och fuktighet på att bördigare marker och marker åt det torrare hållet föredras. Jämförelsen mellan förekomst och areal uppdelat på fältskikt och fuktighet ser vid första anblick tydlig ut, men följande metodkritik måste beaktas. Att träden, relativt arealen, oftare förekommer i marker med örttyp som fältskikt tyder på att marker med högre fertilitet föredras, men detta skulle kunna vara en följd av att marker med andra fältskikt är förknippade med större konkurrens i form av tätare skog, vilket alltså skulle kunna vara den drivande faktorn i val av mark beroende på fältskikt, inte enbart bördighet. Då oxeln framförallt förekommer i halvöppna landskap kan en betesmark vara en typisk miljö där detta råder. Vidare gäller det för både fältskikt och fuktighet att datasetet var mycket aggregerat, vilket kan ge snedvridna resultat. Exempelvis finns en stor andel av alla oxlar på Gotland och förhållandevis få i Värmland. Om fältskiktet på Gotland generellt är skilt från det i Värmland kommer den relativa preferenserna förskjutas till för Gotland typiska marker medan arealen i Värmland får förhållandevis hög vikt, på grund av länets större area. Det ska också sägas att fältskikt av örttyp inte direkt kan översättas till hög bördighet. Kalkrika, torra marker med högt pH, som är vanliga på Gotland, leder i stor utsträckning till ett örtdominerat fältskikt med relativt låg bördighet på grund av begränsad tillgång till vatten och näringsämnen som kväve och fosfor. Preferensresultatet bör ses som en indikation och ingång för fler studier.

4.2 Allometrisk förhållanden

Resultaten visar i princip att det inte finns grund för att vederlägga hypoteser 2 och 3, det vill säga att undersökningarna inte kunnat visa att oxeln blir högre än 20 m och heller inte att brösthöjdsdiameterens förhållande till kronutbredningen avviker markant från 1:20.

Modellerna för träd i skogsmiljö ger i alla fallen högre värden på responsvariabeln än i parkmiljö, det vill säga att träd på skogsmark är både högre och utbredningsmässigt större vid samma brösthöjdsdiameter. När det gäller kronutbredning är skillnaderna statistiskt signifikanta, men av liten magnitud.

Skillnaderna mellan park och skogsmark kan ha flera orsaker. Två tänkbara faktorer som tydligt varierar mellan lokaltyperna är konkurrenssituationen och vindutsattheten. Det har visats att konkurrens för vissa trädslag kan leda till ökad höjdtillväxt (Uhl et al. 2015), vilket i alla fall delvis kan förklara skillnaden i höjd mellan lokaltyperna. Större vindutsatthet torde leda till lägre höjd och mindre kronor i förhållande till DBH på grund av ökad diametertillväxt. Mekanisk stress i form av vind har tidigare visats leda till större diametertillväxt av barrträd (Valinger 1992) (Moore et al. 2014) med mer utpräglad konform (Larson 1965). Därav kan vindutsattheten utgöra en anledning till skillnaden i kronans storlek mellan de två lokaltyperna, under antagandet att parkträden utsatts för starkare och/eller mer vind. Något som styrker denna tes är att en stor andel av träden i lokaltypen *park* inmättes i Sibbarp, vilket är en lokal som antagligen drabbats av mer och starkare vind än övriga lokaler i datasetet på grund av dess placering i Malmö nära havet.

Gällande diameter-höjd mättes ingen oxel in som var högre än 20 m, trots att en stor variation i diameter och ålder var inkluderat i datasetet. Träd över 20 m har inte heller rapporterats i litteratur (Föreningen för dendrologi och parkvård 1997; Ljung 2021) eller tillgängliga databaser. Genom att lösa resultatets ekvation med höjden fixerad till 20 m framgår att en oxel når 20 m vid $DBH \approx 1,3$ m i skogsmark och vid $DBH \approx 2,7$ m i parkmiljö. Träd av den här storleken är antagligen mycket sällsynta och det innebär extrapolering av modellerna utanför den undersökta diameterspridningen.

Tumregeln angående krondiameterens förhållande till DBH underskattar kronutbredningen för små träd och överskattar för större. För MaxKD fungerar uppskattningen relativt väl för träd med DBH mellan ca 50 och 75 cm i både skog och parkmiljö då skillnaden i dessa fall understiger 10% av det enligt tumregeln skattade värdet. För KD är motsvarande intervall mellan ca 30 och 40 cm. Att ett större intervall av värden ligger nära tumregeln när det gäller MaxKD stämmer väl med hypotesen, att krondiameteren för ett friväxande träd kan beskrivas som $KD = 20 * DBH$, eftersom MaxKD i undersökningarna ansågs representera en teoretisk utbredning för ett helt friväxande träd.

Sammantaget kan det sägas att 1:20 antagligen kan användas som en riktlinje i praktiken vid planering av skog eller park med oxel, även om en mer exakt uppskattning beroende på måldiameter kan göras med de i denna uppsats framlagda modellerna – vilket härmed rekommenderas.

Kategoriseringen i de två lokaltyperna var riktig enligt resultatet, då en signifikant effekt av lokaltyp påvisades i samtliga undersökningar gällande allometrisk förhållanden.

Då träden som mättes in i liten utsträckning var helt friväxande och att MaxKD använts som värde för att uppskatta kronutbredningen hos ett friväxande är det diskutabelt hur resultatet ska jämföras med andra studier. I relation till Attocchi & Skovsgaard (2015) som tog fram en linjär modell för kronans radie (KR) för icke-friväxande ekar (*Quercus robur*) bör resultatet för DBH-KD användas vid jämförelse. Deras modell gav ett förhållande mellan DBH och KR på 1:11,7, vilket motsvarar att KD är 23,4 gånger större än DBH. Det kan då sägas att oxelns kronutbredning är mindre än ekens, i förhållande till DBH. I jämförelse med en annan studie av icke-friväxande träd (Hemery et al. 2005) placeras oxelns lutningskoefficient från den här uppsatsens resultat gällande DBH-KD mellan lind (*Tilia cordata*) och bok (*Fagus sylvatica*).

4.3 Tillväxt

Två undersökningar i uppsatsen behandlade tillväxt. Gällande diametertillväxten behandlades Riksskogstaxeringens mätningar och tillväxten hos den enskilda oxeln som sågades ned. Höjdtillväxt, vilket inte berördes av någon hypotes, åskådliggjordes endast för den enskilda oxeln.

Diametertillväxt

Hypotesen att oxelns genomsnittliga diametertillväxt är lägre än 5 mm/år kan inte avfärdas. Oxelns genomsnittliga tillväxt på 2,27 mm/år ur Riksskogstaxeringens data är tydligt lägre. Därtill lyftes medelvärdet i den här uppsatsen upp av ett träd med mycket avvikande tillväxt som kan anses vara en utliggare. Att medianen var lägre än medelvärdet visar att mer än hälften av de mätta träden hade lägre medeltillväxt än stickprovsmedelvärdet.

Att ett antal av de uppmätta träden i Riksskogstaxeringens data uppvisade negativ diametertillväxt, vilket framgår i figur B1 i Bilaga B, kan förklaras genom att träden i fråga kan ha varit flerstammiga och att bedömningen av vilken som var huvudstam alternativt att huvudstammen brutits under mätthöjden och en annan stam på samma träd därför mätts in.

Den nedsågade oxeln visar att tillväxten för oxel vid de specifika livsbetingelserna under detta trädets minst 60-åriga levnadstid resulterat i en genomsnittlig diametertillväxt på 4,3 mm/år, vilket är betydligt högre än medelvärdet för oxlarna i Riksskogstaxeringens data. Det finns alltså indikationer på att skötsel kan höja oxelns diametertillväxt avsevärt, eftersom den nedsågade oxelns miljö förmodligen inte kan anses varit optimerad för det ändamålet. Detta med hänsyn till att lokalen betats under lång tid, viss konkurrens från

underväxande granar har funnits och att marken i sig inte har hög fertilitet, och att trädet ändå har uppnått en förhållandevis hög tillväxt.

Höjdtillväxt

Den nedsågade oxelns höjdtillväxt uppvisar det sigmoidmönster som generellt gäller för höjdtillväxtkurvor för träd (Johansson et al. 2013). I jämförelse med höjdtutvecklingskurvor fastställda av Skogsstyrelsen (1985) placeras oxelns höjdtillväxt antingen under den lägsta kurvan eller bland de lägsta ståndortsindexen beroende på trädart. Höjdtillväxten för oxeln planar ut tidigare än för alla trädslagen i boniteringshäftet (Skogsstyrelsen 1985). Med hänsyn till ståndortens friska mark och fältskikt av grästyp i kombination med dess geografiska placering kan det konstateras att oxelns höjdtillväxt var betydligt lägre än vad som hade förväntats för tall, gran, björk, bok och ek.

4.4 Torkreaktion

Resultatet gällande utbredning och torkreaktion gör det diskutabelt om hypotesen gällande att trädet är torktåligt är riktig. Det finns förvisso en preferensförskjutning mot torra lokaler, men undersökningen av den fällda oxeln uppvisar inte stark torktålighet och vidare studier krävs.

Resultatet visar att oxeln vid samtliga tre torkår tillväxtnässigt drabbades negativt av torkan. Vid de två första torkåren observerades att årsringstillväxten var ca 60% av vad den var innan torkåret. För år 2018 uppvisas emellertid en relativt oförändrad tillväxt de två efterföljande åren, jämfört med de två som föregick torkåret. Det kan tilläggas att PreDr vid 2018 var 0,65 vilket var betydligt lägre än PreDr för de andra torkåren. Det kan vara en delförklaring till den till synes snabba återhämtningen och höga resiliensen.

Genom att jämföra resultatet beträffande torkreaktion med andra trädslag kan det sättas i ett större perspektiv. I förhållande till de av Schmucker et al. (2023) undersökta trädslagen: avenbok (*Carpinus betulus*), vresalm (*Ulmus laevis*), naverlönn (*Acer campestre*), tyskoxel (*Sorbus torminalis*), ek (*Quercus robur*), bergek (*Quercus petraea*) och bok (*Fagus sylvatica*) har den nedsågade oxeln lägst värde gällande motståndskraft, återhämtning och resiliens. Detta indikerar att oxeln inte är torktålig i förhållande till andra europeiska lövträd. Det ska emellertid tydligt understrykas att resultatet i denna uppsats endast gäller ett specifikt träd, vid tre specifika och utmärkande torkår, och vidare studier krävs för tydligare slutsatser om oxelns torkkänslighet. Det kan också tilläggas att känslighet för kraftig och snabb skillnad i miljö, det vill säga ett tydligt utmärkande torkår, ska inte blandas ihop med förmågan att växa på torra marker. Ett träd som oxeln kan vara väl lämpat för stabila torra miljöer men ha svårt att hantera extrema torrperioder.

Det är angeläget att på ett mer gediget sätt undersöka huruvida oxeln påverkas negativt av torka med anledning av dess observerade nutida preferens för torra och friska lokaler i kombination med den till följd av klimatförändringar förutspådda ökade risken för torka i redan torra områden (Naturvårdsverket 2024).

Metoden beträffande datainsamling för torkreaktionsanalysen är relativt enkel – mätningarna gjordes med analoga instrument och torkåren bestämdes genom att de framhållits av SMHI som torkår i det område som oxeln växte. 1989 ser i figur 7 ut att vara en bra kandidat till torkår, men om det året valts på grund av hur årsringsmönstret ser ut, kan oberoendet mellan variablerna ifrågasättas i enlighet med tidigare framförd kritik mot metoden (Schwarz et al. 2020). Beräkningen och presentationen av Lloret-index är en välanvänd metod för ändamålet.

4.5 Slutsatser

Fyra av de fem uppställda hypoteserna kan efter undersökningarna i denna uppsats inte vederläggas medan en av hypotesernas riktighet betvivlas. Oxeln har sitt svenska utbredningsområde söder om den biologiska norrlandgränsen, och blir inte eller sällan högre än 20 m. Dess krondiameter kan i praktiken uppskattas till 20 gånger brösthöjdsdiameter och trädet har en låg tillväxttakt, både i höjd och diameter. Oxelns torktålighet kan inte enligt studien benämnas som hög, även om resultatet endast är kopplat till torkreaktionen hos en oxel.

Fortsatta studier av oxelns egenskaper bör göras för att gynna dess fortlevnad i ett föränderligt klimat samt för att på ett bättre sätt kunna nyttja trädslagets kapacitet att bidra med ekosystemtjänster, vare sig det handlar om virkesproduktion eller som primärproducent i ett ekosystem.

Referenser

- Åkesson, H. & Westerlund, B. (2014). *Konstruktion, test och underhåll av simuleringsfunktioner i Riksskogstaxeringen*. (Arbetsrapport, 419). Inst. f. skoglig resurshushållning. [2024-12-05]
- Attocchi, G. & Skovsgaard, J.P. (2015). Crown radius of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) depending on stem size, stand density and site productivity. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30 (4), 289–303. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.1001782>
- Bunn, A., Korpela, M., Biondi, F., Campelo, F., Mérian, P., Qeadan, F., Zang, C., Buras, A., Cecile, A., Mudelsee, M., Schulz, M., Klesse, S., Frank, D., Visser, R., Cook, E. & Anchukaitis, K. (2024). *dplR: Dendrochronology Program Library in R* (1.7.7). <https://cran.r-project.org/web/packages/dplR/index.html> [2024-12-05]
- Cheng, D., Zhang, Lu, J., Froese, R., Ming, & Li (2019). Thinning Effects on the Tree Height–Diameter Allometry of Masson Pine (*Pinus massoniana* Lamb.). *Forests*, 10, 1129. <https://doi.org/10.3390/f10121129>
- Dawkins, H.C. (1963). Crown Diameters: Their Relation to Bole Diameter in Tropical Forest Trees. *The Commonwealth Forestry Review*, 42 (4 (114)), 318–333
- Falköpings kommun (u.å.). Utdrag ur Falköpings kommuns naturvårdsprogram. [2024-09-20]
- FAO (2023). Global Forest Resources Assessment - FRA 2025 - Terms and Definitions. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc4691en> [2025-02-02]
- Föreningen för dendrologi och parkvård (1997). Stora träd i när och fjärran. *Lustgården 1997*, 77, 33–38
- Fridman, J., Holm, S., Nilsson, M., Nilsson, P., Ringvall, A.H. & Ståhl, G. (2014). Adapting National Forest Inventories to changing requirements – the case of the Swedish National Forest Inventory at the turn of the 20th century. *Silva Fennica*, 48 (3). <https://www.silvafennica.fi/article/1095> [2024-09-13]
- Gayon, J. (2000). History of the Concept of Allometry¹. *American Zoologist*, 40 (5), 748–758. <https://doi.org/10.1093/icb/40.5.748>
- Haglöf Sweden AB (2005). Users Guide Vertex IV and Transponder T3. https://www.haglof.jp/download/vertex_iv_me.pdf [2024-12-05]
- Håkansson, M. (ed.) (2000). *limes norrlandicus, naturliga norrlandsgränsen, nordsydsvenska naturgränsen. Skogsencyklopedin*. Sveriges skogsvårdsförb.
- Hemery, G.E., Savill, P.S. & Pryor, S.N. (2005). Applications of the crown diameter–stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. *Forest Ecology and Management*, 215 (1), 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.016>
- Inst. f. skoglig resurshushållning & Inst. f. mark och miljö (2024). Stamräkning, Död ved och FF-objekt. In: *Fältinstruktion 2024*. SLU. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/faltinst/ris_fin_24.pdf [2024-11-29]
- Inst. för sydsvensk skogsvetenskap (2024a). Nyhetsbrev från Sydsvensk skogsvetenskap april 2024. SLU. <https://ui.ungpd.com/Issues/7b7ca7d3-807b-48b0-b6ab-2285602d9435?AccountId=f7787f2e-8aad-4bf3-a6cc-9da9721f63f5&ContactId=00000000-0000-0000-0000->

- 000000000000&IssueId=7b7ca7d3-807b-48b0-b6ab-2285602d9435&ir=[2024-11-25]
- Inst. för sydsvensk skogsvetenskap (2024b). Snogeholms landskapslaboratorium, Kompendium med alla parceller 2024. SLU.
<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ssv/infrastruktur/snogeholm-alla-parceller-2024.pdf> [2024-12-05]
- Jansson, N., Fargo, M., Hultengren, S., Lennartsson, T., Weibull, H. & Wissman, J. (2015). *Vägarnas träd: om trädens skötsel, värdefulla strukturer och följearter*. Centrum för biologisk mångfald.
- Johansson, U., Ekö, P.M., Elfving, B., Johansson, T. & Nilsson, U. (2013). *Nya höjdtutvecklingskurvor för bonitering*. (Fakta Skog, 14). Sveriges Lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog13/faktaskog_14_2013.pdf
- Kenefic, L.S. & Nyland, R.D. (1999). Sugar Maple Height-Diameter and Age-Diameter Relationships in an Uneven-Aged Northern Hardwood Stand. *Northern Journal of Applied Forestry*, 16 (1), 43–47.
<https://doi.org/10.1093/njaf/16.1.43>
- Kukkala, A., Maiorano, L., Thuiller, W. & Arponen, A. (2019). Identifying national responsibility species based on spatial conservation prioritization. *Biological Conservation*, 236, 411–419.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.046>
- Länsstyrelsen Västra Götalands län, J. (2007). Skötselplan för Naturreservatet Bockaskedeåsen-Toran i Skara kommun. Naturvårdsenheten.
<https://geodata.naturvardsverket.se/handlingar/rest/dokument/152337> [2024-12-05]
- Larson, P.R. (1965). Stem Form of Young Larix As Influenced by Wind and Pruning. *Forest Science*, 11 (4), 412–424.
<https://doi.org/10.1093/forestscience/11.4.412>
- Leo, J. (2015). Origins and genetic structure of Sorbus intermedia (Ehrh.) Pers. and S. hybrida L. (Rosaceae) in Fennoscandia. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/5471105> [2024-11-22]
- Ljung, T. (2021). *Biologiskt kulturarv på Ölands mittland*. Länsstyrelsen Kalmar län.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.1b1d393819324610c374b9d4/1732522078899/Biologiskt%20kulturarv%20p%C3%A5%20C3%96lands%20mittland.pdf> [2025-02-26]
- Lloret, F., Keeling, E.G. & Sala, A. (2011). Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos*, 120 (12), 1909–1920
- Miller, D.M. (1984). Reducing Transformation Bias in Curve Fitting. *The American Statistician*, 38 (2), 124–126. <https://doi.org/10.2307/2683247>
- Moore, J.R., Cown, D.J., Lee, J.R., McKinley, R.B., Brownlie, R.K., Jones, T.G. & Downes, G.M. (2014). The influence of stem guying on radial growth, stem form and internal resin features in radiata pine. *Trees*, 28 (4), 1197–1207. <https://doi.org/10.1007/s00468-014-1030-1>
- Mossberg, B. & Stenberg, L. (2010). *Den nya nordiska floran*. Bonnier Fakta.
- Naturvårdsverket (2024). *Klimatförändringarnas effekter i Sverige*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimat-et-i-framtiden/effekter-i-sverige/> [2025-02-12]
- Nelson-Jones, E., Briggs, D. & Smith, A. (2002). The origin of intermediate species of the genus Sorbus. *Theoretical and Applied Genetics*, 105 (6), 953–963. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0957-6>
- Németh, C., Papp, N., Nosková, J. & Höhn, M. (2020). Speciation by triparental hybridization in genus Sorbus (Rosaceae). *Biologia Futura*, 71 (3), 209–222. <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00003-x>

- Nilsson, K.J. (1949). [Frgl. Vård och användning av vilda träd, buskar och örter på inägomark.] - Folke sök - Institutet för språk och folkminnen. https://sok.folke.isof.se/#/records/20276_21154/search/M188 [2024-11-25]
- R Core Team (2024). *R* (4.4.2) [Programvara]. <https://www.r-project.org/> [2024-12-05]
- Rich, T., Green, D., Houston, L., Lepsi, M., Ludwig, S. & Pellicer, J. (2014). British *Sorbus* (Rosaceae): Six new species, two hybrids and a new subgenus. *New Journal of Botany*, 4, 2–12. <https://doi.org/10.1179/2042349714Y.00000000036>
- Rich, T.C.G., Houston, L., Robertson, A. & Proctor, M.C.F. (2010). *Whitebeams, rowans and service trees of Britain and Ireland. A monograph of British and Irish Sorbus L. B.S.B.I. Handbook No. 14*. Botanical Society of the British Isles. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01131.x> [2024-11-26]
- Riksskogstaxeringen (2024). *Ej publicerade data*. Inst f. skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. <http://www.slu.se/riksskogstaxeringen>
- SCB (1999). Landareal i kvadratkilometer efter region och år. PxWeb. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0802/Landareal/table/tableViewLayout1/ [2025-02-02]
- Schmeller, D.S., Evans, D., Lin, Y.-P. & Henle, K. (2014). The national responsibility approach to setting conservation priorities—Recommendations for its use. *Journal for Nature Conservation*, 22 (4), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.03.002>
- Schmucker, J., Uhl, E., Schmied, G. & Pretzsch, H. (2023). Growth and drought reaction of European hornbeam, European white elm, field maple and wild service tree. *Trees*, 37 (5), 1515–1536. <https://doi.org/10.1007/s00468-023-02441-1>
- Schwarz, J., Skiadaresis, G., Kohler, M., Kunz, J., Schnabel, F., Vitali, V. & Bauhus, J. (2020). Quantifying Growth Responses of Trees to Drought—a Critique of Commonly Used Resilience Indices and Recommendations for Future Studies. *Current Forestry Reports*, 6 (3), 185–200. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00119-2>
- Skogskunskap (2024). *Oxel (Sorbus intermedia)*. <https://www.skogskunskap.se:443/skota-lovskog/om-lov/vara-lovtrad/oxel/> [2024-11-25]
- Skogsstyrelsen (1985). Fälthäfte i Bonitering Östergötlands län. Skogsstyrelsen. https://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art99/37524899-d61aae-bonitering_E.pdf [2025-02-27]
- Skovsgaard, J.P. (2004). MENSURATION | Forest Measurements. In: Burley, J. (ed.) *Encyclopedia of Forest Sciences*. Elsevier. 550–566. <https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00142-3>
- Skovsgaard, J.P. (2013). Røn på Bornholm. *Dansk Dendrologisk Årsskrift*, 30 (6–25). <https://www.dendron.dk/aarsskrift/docs/187.pdf> [2024-12-11]
- Skovsgaard, J.P. (2024). Managing wood quality. Presentation in course SV0059 Silviculture of Temperate Forests, SLU.
- SMHI (2024). *Historiska torrperioder*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/historiska-torrperioder/historiska-torrperioder-1.151112> [2024-12-11]
- Sumida, A., Miyaura, T. & Torii, H. (2013). Relationships of tree height and diameter at breast height revisited: analyses of stem growth using 20-year data of an even-aged *Chamaecyparis obtusa* stand. *Tree Physiology*, 33 (1), 106–118. <https://doi.org/10.1093/treephys/tps127>
- Uhl, E., Biber, P., Ulbricht, M., Heym, M., Horváth, T., Lakatos, F., Gál, J., Steinacker, L., Tonon, G., Ventura, M. & Pretzsch, H. (2015). Analysing

- the effect of stand density and site conditions on structure and growth of oak species using Nelder trials along an environmental gradient: experimental design, evaluation methods, and results. *Forest Ecosystems*, 2 (1), 17. <https://doi.org/10.1186/s40663-015-0041-8>
- Valinger, E. (1992). Effects of wind sway on stem form and crown development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Australian Forestry*, 55 (1–4), 15–21. <https://doi.org/10.1080/00049158.1992.10676094>
- Vogt, U.K. (2001). Hydraulic vulnerability, vessel refilling, and seasonal courses of stem water potential of *Sorbus aucuparia* L. and *Sambucus nigra* L. *Journal of Experimental Botany*, 52 (360), 1527–1536. <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.360.1527>
- Welk, E., de Rigo, D. & Caudullo, G. (2016). *Sorbus torminalis*. *European Atlas of Forest Tree Species*. 180–181.
- White, J., White, J. & Walters, S.M. (2005). *Trees: A Field Guide to the Trees of Britain and Northern Europe*. Oxford University Press. [2024-11-26]
- Worbes, M. (2004). MENSURATION | Tree-Ring Analysis. In: Burley, J. (ed.) *Encyclopedia of Forest Sciences*. Elsevier. 586–599. <https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00059-4>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Oxeln (*Sorbus intermedia*) är ett välbekant men relativt outforskat träd i södra och mellersta Sverige. Den förekommer ofta i halvöppna landskap, skogsbryn och stadsnära miljöer, där den uppskattas för sin tålighet mot vind, frost och luftföroreningar. Trots detta har det saknats forskning om dess tillväxt, utbredning och hur den påverkas av miljöstress, särskilt torka.

Denna studie syftar till att öka förståelsen för oxeln genom att undersöka dess grundläggande egenskaper med hjälp av fältmätningar, data från Riksskogstaxeringen och analyser av årsringar från en fälld oxel.

Resultaten visar att oxeln generellt har en långsam tillväxt. Den genomsnittliga diameter-tillväxten uppmättes till 2,27 mm per år, även om vissa enskilda träd växte betydligt snabbare. Höjdtvecklingen är begränsad, och inget av de undersökta träden var högre än 20 meter. Nya modeller för förhållandena brösthöjdsdiameter-höjd och brösthöjdsdiameter-krondiameter presenteras, vilka kan vara användbara vid plantering och skötsel av oxel både i skog och i urbana miljöer. En viktig aspekt av studien var att undersöka oxelns torktålighet, särskilt med tanke på framtida klimatförändringar. Genom att analysera årsringar från en fälld oxel kunde man konstatera att tillväxten påverkades kraftigt av torra år, även om trädet återhämtade sig relativt snabbt. Jämfört med andra lövträd verkar oxeln dock vara något mer känslig för torka, vilket kan få konsekvenser för dess framtida utbredning.

Även om oxeln saknar kommersiellt värde inom det traditionella skogsbruket, har den en viktig ekologisk funktion som födokälla för fåglar och insekter. Dess trä är känt för sin hårdhet och har historiskt använts till kugghjul och verktyg, vilket visar på dess potential som nischprodukt. Eftersom en stor del av oxelns naturliga utbredning finns i Sverige har vi ett särskilt ansvar för att bevara och studera arten vidare. Genom att öka kunskapen om oxelns tillväxt, miljötålighet och ekosystemtjänster kan vi skapa bättre förutsättningar för dess framtida bevarande och användning.

Bilaga A - Lokalbeskrivningar med bilder

Bockaskede

Träden i lokal Bockaskede återfinns i naturreservatet Bockaskedeåsen-Toran (Länsstyrelsen Västra Götalands län 2007). Det är halvöppen miljö som i dagsläget betas av får. Uppe på åsen står tämligen gamla träd relativt tätt. Trädens ursprung är oklart men det kan konstateras att det är en unik miljö som vid första anblick är en naturlig relativt sluten oxelskog. Hur konkurrenssituationen varit under trädens levnadsår är oklart. Rönjningar har utförts i reservatet för att gynna oxlarna. Fältskiktet kategoriserades som högört vid ett besök 2024.



Figur A1. Oxlar i blom uppe på Bockaskedeåsen. Foto: Peter Nilsson Stofkoper.



Figur A2. Bockaskedeåsen med blommande oxlar från avstånd. Foto: Peter Nilsson Stofkoper.



Figur A3. Oxlar på Bockaskedeåsen hösten 2024. Foto: Jonathan Samuelsson.

Burlöv

Träden som återfinns i lokal Burlöv är mätta vid Burlövs gamla kyrka och i närheten av Burlöv Center. Samtliga är planterade exemplar som växer i parkmiljö eller längs vägen och kan anses vara helt eller delvis fritt växande. Fältskiktet är starkt kulturpåverkat och är i huvudsak gräsmatta.



Figur A3. Oxlar vid Burlövs gamla kyrka, inmätta och fotade hösten 2023. Foto: Jonathan Samuelsson.

Falköping

I Falköping är träden mätta i ett område vid namn Fåraberget. Där planterades i början av 1900-talet något hektar med oxlar i ett förband om cirka 9 meter, enligt mätningar utförda 2024. Platsen har i omgångar vårdats genom lika typer av åtgärder (Falköpings kommun u.å.), senast skedde en gallring av träd som konkurrerade med oxlarna hösten 2024. Träden kan inte anses vara friväxande, men inte heller kan det fastslås under hur stor del av trädens levnadstid de upplevt

ett skogsklimat. Vid besök 2024 var marken i princip utan fältskikt, och jordmånen bestämdes till en brunjord med aggregatsbildande mull.



Figur A4. Bild på Fåraberget i Falköping, fotat någon gång i början av 1900-talet. I bakgrunden syns tämligen nyplanterade oxlar. Foto: Falköpings museums samlingar.



Figur A5. Oxlar på Fåraberget, Falköping, hösten 2024, efter att naturvårdsgallring utförts för att gynna oxlarna. Avverkningsrester syns på marken. Oxlarna står i raka rader. Foto: Jonathan Samuelsson.



Figur A6. Oxlar på Fåraberget, Falköping, hösten 2024, efter att naturvårdsgallring utförts för att gynna oxlarna. Avverkningsrester syns på marken. Oxlarna står i raka rader. Foto: Jonathan Samuelsson.

Sibbarp

Träden är mätta i Sibbarpsområdet som ligger i sydvästra delen av Malmö. Samtliga träd var planterade exemplar som växer i parkmiljö och kan mer eller mindre anses vara fritt växande. Fältskiktet är starkt kulturpåverkat och är i huvudsak gräsmatta.



Figur A7. Planterade oxlar i Sibbarp. Foto: Jonathan Samuelsson.



Figur A8. Planterade oxlar i Sibbarp. Foto: Jonathan Samuelsson.

Snogeholm

I Snogeholm planterades samtliga träd 1993 i ett rent oxelbestånd och har genomgått två lättare gallringar sedan dess (Inst. för sydsvensk skogsvetenskap 2024b). Fältskiktet kategoriserades som högört vid ett besök 2024.



Figur A9. Oxelbestånd i landskapslaboratoriet i Snogeholm, hösten 2024. Planterat 1993. Foto: Jonathan Samuelsson.



Figur A10. Oxelbestånd i landskapslaboratoriet i Snogeholm, hösten 2024. Planterat 1993. Foto: Jonathan Samuelsson.

Ydre

I lokalen Ydre är samtliga träd förmodat naturligen föryngrade och återfinns i skogsbryn mot åker och betesmark eller direkt i betesmarken. Jordmånen är antagligen sandigmoig morän och fältskiktet är generellt antingen av grästyp eller blåbärstyp. Träden är framförallt koncentrerade till ett område i Torpa socken, Ydre kommun. En del träd utanför kommunen, men i närområdet, som antas leva under liknande betingelser inkluderades i lokalen.



Figur A11. Två oxlar i betesmark i Ydre. Foto: Jonathan Samuelsson.

Vrena

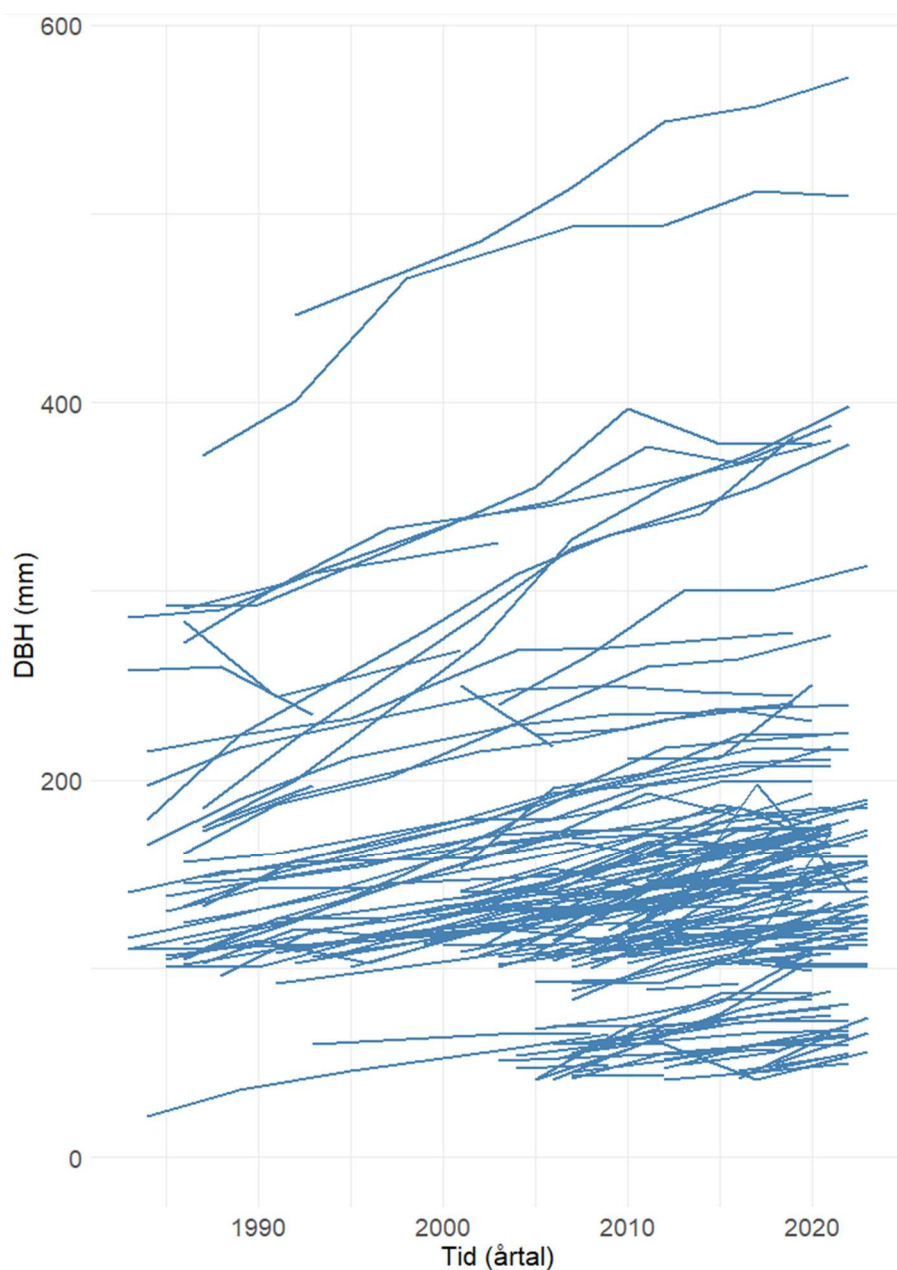


Figur A13. Kanske Sveriges vid tillfället grövsta oxel med en omkrets på 5,85 m i brösthöjd, i Vrena, hösten 2024. Foto: Jan Gripsborn.

Bilaga B – Data- och metodfigurer

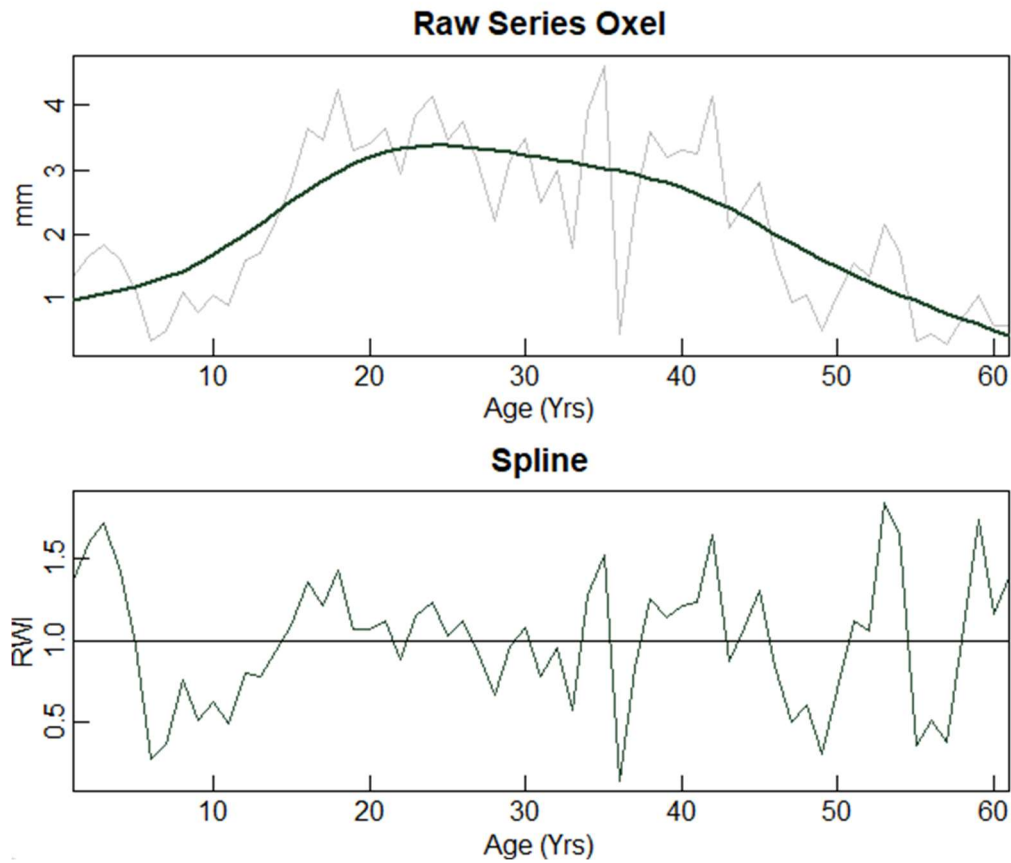
Diametertillväxt

I figur B1 visas diameterutvecklingen för samtliga oxlar som mätts in på Riksskogstaxeringens permanenta provytor mer än en gång. Varje linje motsvarar ett träd. Enligt metodbeskrivningen uteslöts sedan alla träd som någon gång hade en minskande diameter, det vill säga med negativ lutning i figur B1.



Figur B1. Diameterutveckling över tid för samtliga oxlar inmätta på Riksskogstaxeringens permanenta provytor.

I Figur B2 visas grafer som illustrerar hur trendrensningen gick till. I den övre grafen visas de inmätta värdena med trendrensningslinjen i mitten. I den undre visas resultatet av trendrensningen.



Figur B2. Grafer över trendrensningen av årsringsbredder.

Bilaga C - Modeller och diagnostikfigurer

Tabeller för samtliga modeller rörande allometrisk förhållanden med tillhörande diagnostikgrafer visas under respektive rubrik. För tolkning av tabellerna påminns läsaren om att ett positivt värde på β_2 betyder att responsvariabelns värde för skogsmark är större än för park, och att ett negativt β_2 -värde skulle motsvara ett motsatt förhållande.

DBH-höjd

Tabell C1. Den logaritmiska modellen och korresponderande transformerade modell för DBH-Höjd-förhållandet samt estimerade parametervärden. DBH redovisas i cm och h i m.

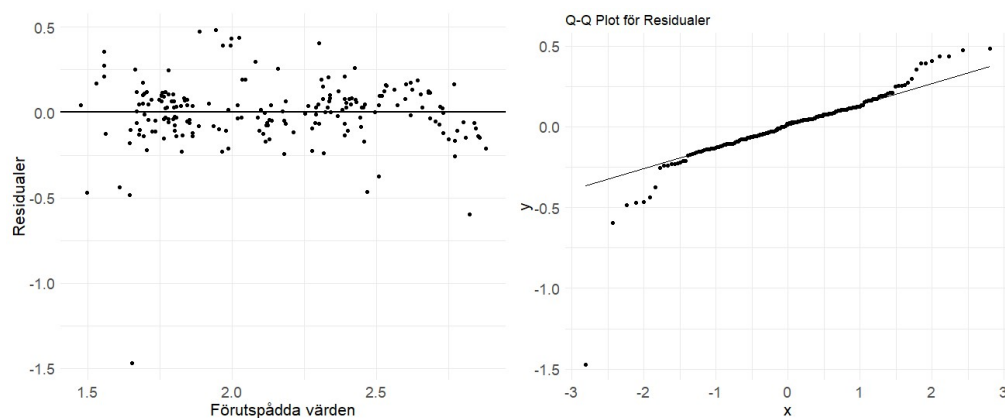
Modell	Parameter	Estimat	SE	t	p
$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DBH) + \beta_2 * L$	β_0	2,554	0,029	88,12	$< 2 * 10^{-16}$
	β_1	0,430	0,016	26,40	$< 2 * 10^{-16}$
	β_2	0,311	0,029	10,77	$< 2 * 10^{-16}$
	σ^2	0,038			

Den transformerade versionen av modellen i tabell 5 är

$$h = C * DBH^{\beta_1} * e^{\beta_2 L} * e^{\frac{\sigma^2}{2}}$$

där $C = e^{\beta_0} = 12,80$ och

$e^{\frac{\sigma^2}{2}} = 1,019$ är korrektionsfaktorn för att minska transformeringsbias (Miller 1984).



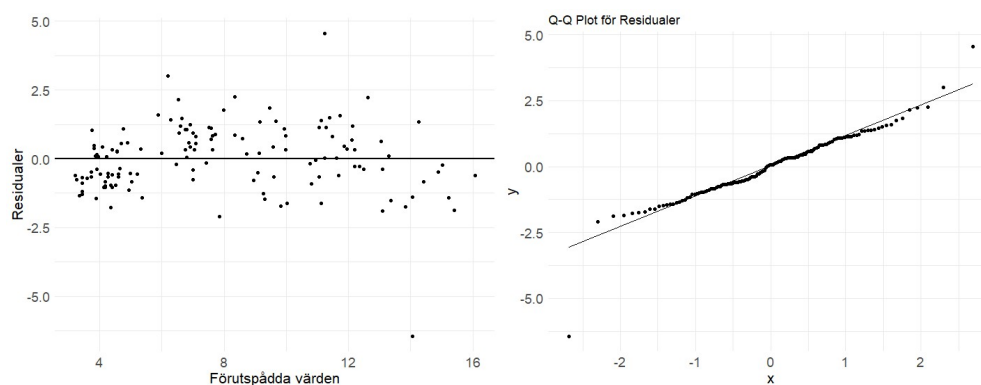
Figur C1. Residual- och Q-Q-plot för DBH-Höjd-modellen i tabell C1.

DBH-KD och DBH-MaxKD

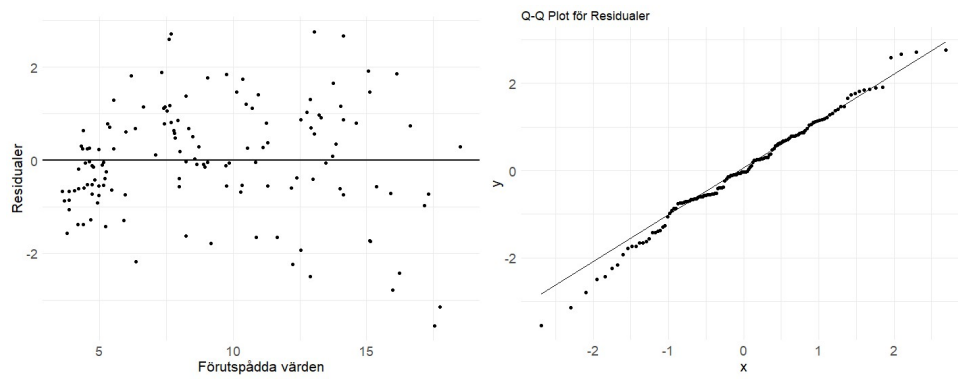
Modellerna för förhållandena DBH-KD och DBH-MaxKD visas i tabell C2. I båda fallen är β_2 positivt, vilket visar att oxlar på skogsmark i genomsnitt har större kronutbredning i förhållande till DBH, i jämförelse med träd i parkmiljö.

Tabell C2. Modeller med tillhörande parameterestimater för förhållandena DBH-KD och DBH-MaxKD. DBH redovisas i cm, KD i m och MaxKD i m.

Modell	Parameter	Estimat	SE	t	p
$KD = \beta_0 + \beta_1 * DBH + \beta_2 * L$	β_0	2,128	0,206	10,33	$< 2 * 10^{-16}$
	β_1	0,132	0,004	32,53	$< 2 * 10^{-16}$
	β_2	0,510	0,217	2,348	0,0203
	σ^2	1,513			
$MaxKD = \beta_0 + \beta_1 * DBH + \beta_2 * L$	β_0	2,385	0,200	11,90	$< 2 * 10^{-16}$
	β_1	0,149	0,004	37,95	$< 2 * 10^{-16}$
	β_2	0,890	0,211	4,218	$4,49 * 10^{-5}$
	σ^2	1,431			



Figur C3. Residual- och Q-Q-plot till DBH-KD-modellen.



Figur C4. Residual- och Q-Q-plot till DBH-MaxKD-modellen.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk,

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara,