



Spridning och utbredning av europeiska växtarter i ett snabbt förändrande klimat

Elin Dahl

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap • Institutionen för ekologi

Biologi och miljövetenskap

Uppsala 2025



Spridning och utbredning av europeiska växtarter i ett snabbt förändrande klimat
Dispersal and distribution of European plant species in a rapidly changing climate

Elin Dahl

Handledare: Alistair Auffret, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekologi
Examinator: Hedvig Nenzén, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2025

Nyckelord: Fröspridning, klimatförändringar, växtmigration, EuDiS, Climplant

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Sammanfattning

Med en kraftig uppvärmning av klimatet behöver många arter flytta sig norrut för att följa med i utvecklingen. Växter är beroende av fröspridningsmetoder för att deras avkomma ska ta sig vidare över landskapet. Denna studie avser därmed undersöka fröspridningsmetodernas påverkan för utbredningen av europeiska växtarter och dess betydelse i samband med klimatförändringar. Databasen EuDiS användes för information om europeiska växtarters olika spridningsmetoder, uppdelade som lång- eller kortdistansspridning och biotisk eller abiotisk spridning. Dessutom användes databasen Climplant för information om växtarternas utbredningsområden (area, nordgräns, sydgräns och medeltemperatur). Denna studie visar att växtarter anpassade för biotiska spridningsmetoder främst förekommer i utbredningsområden med en hög medeltemperatur vilket kan antas vara främst sydliga områden. Detta kan relateras till en högre diversitet av djurarter och att den senaste istiden inte nådde till södra Europa vilket underlättar specialisering och mutualistiska relationer mellan växt och fröspridare. Även om inga andra signifikanta samband hittades mellan spridningsmetod och utbredningsområde kan möjligheten till långdistansspridning ha stor betydelse för att hålla jämna steg med klimatförändringarna. De grupper som kan få det svårt i förändringen är framförallt kortdistansspridda arter samt de som förlitar sig på symbiotiska förhållanden. Detta eftersom det också pågår en defaunering som hindrar spridningen av många biotiskt spridda arter. Arter i bergs- och nordliga områden kommer även att drabbas, då dessa inte har samma möjlighet för migration norrut när klimatet blir varmare. Detta leder till populationsminskningar och minskning i genetisk diversitet, vilket försämrar arternas anpassningsförmåga.

Nyckelord: fröspridning, klimatförändringar, växtmigration, EuDiS, Climplant

Abstract

With the extensive heating of the atmosphere many species migrate northward to track the changes in climate. Plants are dependent on seed dispersal so their offspring can move across the landscape. The purpose of this study is therefore to examine seed dispersals significance on the distribution for European plant species in a rapidly changing climate. The database EuDiS was used for information about dispersal methods of European plant species divided into long- or short distance dispersal and biotic or abiotic dispersal. The database Climplant was used for information about plant species distribution (size, northern limit, southern limit and average temperature). This study concludes that species adapted for biotic dispersal are more prevalent for species in areas with a higher average temperature which would translate to southern distributions. A reason for this pattern could be that the last ice age didn't reach southern Europe and a higher diversity of animal species which facilitates development of mutualistic relations between plants and seed dispersers. Even though no other connection between seed dispersal and distribution could be concluded by this study it may have a grave impact on species' ability to track climate change. The possibility to utilize long distance dispersal can be an important quality to be able to keep up with the changing climate. On the other hand, short distance dispersed species dependent on symbiotic relations may face the greatest challenges following the changing climate. This is because a significant defaunation hinders the dispersal of many plant species dependent on biotic seed dispersal. Northern species have limited options for northward migration which could lead to a decrease in genetic diversity and therefore a lower adaptability in a changing environment.

Keywords: seed dispersal, climate change, plant migration, EuDiS, Climplant

Innehållsförteckning

Förkortningar	5
1. Inledning	6
1.1 Syfte och frågeställning	6
1.2 Bakgrund	6
1.2.1 Europas senaste istid	6
1.2.2 Klimatförändringar	7
1.2.3 Fröspridningsmetoder och framgångar	7
2. Metod.....	9
2.1 EuDiS och Climplant	9
2.2 Databearbetning och analys	10
3. Resultat	11
4. Diskussion	14
4.1 Spridningsmetoder och utbredning	14
4.1.1 Samband mellan biotiskspridning och medeltemperatur	14
4.1.2 Nordlig- och sydligräns som geografiskt mått.....	15
4.2 Migration och klimatförändringar.....	15
4.2.1 Invasiva och exotiska arter	17
4.3 Felkällor.....	17
5. Slutsats och vidare undersökningar.....	19
Referenser.....	20

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
LDD	Long Distance Dispersal
LGM	Last Glacial Maximum
NPP	Nettoprimärproduktion
SDD	Short Distance Dispersal

1. Inledning

Människan har på mycket kort tid tagit allt större plats på jorden vilket med utsläpp av växthusgaser och ändrad markanvändning resulterar i omfattande klimatförändringar. Detta har i sin tur kraftigt förändrat och förstört många naturliga habitat och ekosystem (IPCC 2023). Arter tvingas snabbt anpassa sig, förflytta sig eller dö ut och framtiden för många är mycket osäker. Möjligheterna till migration varierar kraftigt mellan olika grupper där växter, som förflyttar sig mycket långsamt, kan få svårt att följa med i de snabba förändringarna (Corlett & Westscott 2013). Denna studie avser därför undersöka om och hur utbredningen av europeiska växtarter varierar med olika spridningsmetoder och utifrån detta diskutera effekter av klimatförändringarna.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med denna studie är att undersöka migrationsmöjligheter för olika spridningsmetoder och utbredningar i förhållande till klimatförändringarna. Detta undersöks med hjälp av nedanstående frågeställningar där resultaten diskuteras med fokus på fröspridningens betydelse vid pågående klimatförändringar.

- Har arter som sprider sig med biotisk- eller långdistansspridning större utbredningsområden i Europa?
- Kan arter med små eller nordliga utbredningar hotas av spridningsbrist i en förändrande miljö?

Klimatförändringarna är en mycket omfattande fråga med många tillhörande faktorer och konsekvenser där inte alla diskuteras i detta arbete. Fokus för denna studie ligger på globala temperaturförändringar.

1.2 Bakgrund

1.2.1 Europas senaste istid

Europa har under sin utformning genomgått flera istider som format landskapet, där det senaste istidsmaximumet (LGM) pågick från 29 till 19 tusen år sedan (Hughes et al. 2022). Det sträckte sig över Skandinavium, Baltikum, Storbritannien och Irland medan Centrala och södra Europa hade mildare temperaturer, där permanenta glaciärer endast förekom i bergskedjorna (Hughes et al. 2022). LGM var mindre än tidigare istider i Europa men, hade ändå stor påverkan på det europeiska landskapet (Hughes et al. 2022).

Den senaste istiden har även påverkat artsammansättningen som finns idag. Efter dess tillbakagång följde en återetablering av växt- och djurarter, vilket än idag påverkar utbredningen för vissa. För de allra flesta växtarter bestäms utbredningen av klimatfaktorer, men för en del arter begränsas utbredningen av LGM (Normand et al. 2011). Detta samband hittas främst hos växtarter som sprider sig med kortdistansspridning. Det kan bero på att en stor och nordlig utbredning samt långdistansspridning kan ha underlättat migration med isens tillbakagång vilket gör att dessa grupper inte begränsas i samma utsträckning (Svenning & Skov 2007, Normand et al. 2011).

1.2.2 Klimatförändringar

Till följd av mänsklig aktivitet och utsläpp av växthusgaser sker en kraftig global uppvärmning. Redan nu (år 2011–2020) har det skett en global uppvärmning med 1,1 °C jämfört med åren 1850–1900 (IPCC 2023). Hur utvecklingen kommer att gå och hur framtida förhållandena på jorden kommer se ut beror till stor del hur väl utsläpp av växthusgaser kan begränsas (IPCC 2023). Följdeffecker av klimatförändringarna blir kraftigare, ökar i komplexitet och får lägre förutsägbarhet ju större den globala uppvärmningen blir. Komplexiteten uppstår till följd av att många naturliga system, som biodiversitet och fungerande ekosystem, interagerar och är beroende av varandra (IPCC 2023). Det är därför svårt att förutse de fulla konsekvenserna av klimatförändringarna men flera uppskattningar kan ändå göras.

Med globalt varmare temperaturer beräknas stora förändringar i förhållanden för växtarter med bland annat extrema temperaturer (Ceglar et al. 2019) och marktorka. Enligt Grillakis (2019) förväntas oftare förekomster av extrem marktorka i Europa, dock med stora skillnader mellan olika regioner, tidsskalor och framtidsscenarion. Hårdast förväntas torkan slå mot regioner runt medelhavet samt östra Europa. Den förväntas bli kraftigare med högre uppvärmning, men även i bästa möjliga framtida klimatsscenario kan marktorka bli ett ökande problem (Grillakis 2019). Dessutom förväntas växtzoner flytta sig alltmer norrut med en allt större hastighet än tidigare decennier (Ceglar et al. 2019). Det krävs en omfattande migration norrut och till högre elevationer för att växterna ska överleva (Ceglar et al. 2019, Corlett & Westscott 2013, Chen et al. 2011). För att hålla jämna steg med förändringarna måste migrationen ske med en viss hastighet. Egenskaper som korta generationstider och möjligheter till effektiv långdistansspridning får då en central roll (Corlett & Westscott 2013).

1.2.3 Fröspridningsmetoder och framgångar

Utan förmåga att röra sig själva är växter beroende av fröspridning för att ta sig fram över landskapet. Det har genom evolutionens gång utvecklats flera olika

fröspridningsmetoder. Vissa bygger på symbiotiska relationer, där exempelvis frukter kan locka potentiella fröspridare medan andra förlitar sig på den abiotiska rörelsen av vatten och vind (Beckman & Sullivan 2023). Växter och frön anpassar sig efter olika spridningsmetoder vilket ger stora morfologiska skillnader. Man kan därmed ofta bestämma en arts spridningsmetod endast baserat på fröets utformning (Beckman & Sullivan 2023, Vargas et al. 2023). Olika spridningsmetoder ger även stora skillnader för hur långt olika arter kan sprida sig. För att exemplifiera detta beskrivs två spridningsmetoder nedan.

Endozookori är en vanlig spridningsmetod bland fruktproducerande arter där frön konsumeras av djur och transporteras genom mag- och tarmkanalen. Systemet har växt fram genom en samevolution mellan växter och frukt- och fröätande djur som kan ta sig långa sträckor medan frukten/fröet konsumeras (Iluz 2010, Traveset et al 2007). Spridningsmetoden ger även ytterligare fördelar då fröet avges tillsammans med näringsrik avföring vilket kan främja groningen och tillväxt (Traveset et al. 2007). Spridningsdistansen beror på vilket djur som har konsumerat fröet och hur detta kan röra sig i landskapet. Exempelvis bedöms hovdjur (i detta fall kronhjort, rådjur och vildsvin) i genomsnitt kunna sprida frön över 2 km (Pellerin et al. 2016) medan migrerande fåglar tillåter betydligt längre distanser (Viana et al. 2013).

Myrmekokori är en annan biotisk spridningsmetod som också attraherar djur, men till skillnad från endozookori har betydligt kortare spridningsmöjligheter. Frön som sprids med myrmekokori har små näringsrika fruktkroppar kallade elaiosomer. Dessa attraherar myror vilka tar med sig fröna till sitt bo. När elaiosomen är konsumerad gror fröet antingen i myrboet där det får skydd från predation och skada, eller på platsen den har ratats av myrorna (Iluz 2010). Den ungefärliga distansen för spridning med myrmekokori är oftast bara ett par meter men en del observationer visar på sträckor upp till 180m (Gómez & Espadaler 2013).

Många arter är inte bundna till en enda spridningsmetod utan kan utnyttja flera (Vargas et al. 2023). Ett exempel på detta är vitsippan (*Anemone nemorosa*) som är anpassad för spridning både med vind och myror (Vargas et al. 2023). Detta innebär att vitsippan, även om myrorna inte tillåter långdistansspridning har möjligheten att spridas längre sträckor med vinden.

2. Metod

2.1 EuDiS och Climplant

För att undersöka eventuella kopplingar mellan spridning och utbredning användes data från databaserna EuDiS och Climplant som båda förser information om europeiska växtarter.

EuDiS är en databas skapad av Vargas et al. och publicerades år 2023. Den innehåller europeiska växtarter uppdelade i kategorier av spridningsmetoder baserat på växtens observerade morfologiska egenskaper. Spridningsmetoder är i databasen uppdelade i åtta olika kategorier, presenterade i tabell 1. Om ingen kategori tydligt passar för arten placerades den i en ytterligare kategori av ospecialiserade arter. Detta för att minska osäkerheten med arter där spridningsmetoderna inte är säkert fastställda (Vargas et al 2023). Spridningsmetoderna är i sin tur kategoriserade i EuDiS som antingen biotisk eller abiotisk och LDD (Long Distance Dispersal) eller SDD (Short Distance Dispersal).

Tabell 1: Kategoriseringar i EuDiS-databasen där LDD och SDD står för Long/Short Distance Dispersal.

Spridningsmetod	Biotisk/Abiotisk	LDD/SDD	Beskrivning
Endozookori	Biotisk	LDD	Frön konsumeras av djur
Epizookori	Biotisk	LDD	Frön fastnar på ex. pälsen av djur
Thalassokori	Abiotisk	LDD	Spridning med havsvattenströmmar
Anemokori	Abiotisk	LDD	Spridning med vind
Myrmekokori	Biotisk	SDD	Spridning med myror
Synzookori	Biotisk	SDD	Frön hamstras av fr.a. gnagare och fåglar
Hydrokori	Abiotisk	SDD	Spridning med sötvattenströmmar
Ballokori	Abiotisk	SDD	Explosivspridning av frön
Ospecialiserade	-	-	-

Climplant, skapad av Vangansbeke et al. publicerades år 2021 och är en databas med information om europeiska skogsväxters utbredningar. För denna studie används information från databasen om utbredningsområdets storlek, nordgräns och sydgräns samt den årliga medeltemperaturen i utbredningsområdet. Utbredningsområden i Climplant sammanställdes från flera etablerade atlaser

utgivna mellan åren 1965–1992 (Vangansbeke et. al. 2021). Medelårstemperaturer för respektive utbredningsområde togs fram med hjälp av klimatrasterdata från åren 1970–2000 vilket på grund av rastercellernas storlek inte innefattar områdets mikroklimat. Detta för att temperaturerna ska reflektera klimatet ur ett mer långsiktigt perspektiv (Vangansbeke et al. 2021).

2.2 Databearbetning och analys

För bearbetning av databaserna EuDiS och Climplant användes Microsoft Excel samt statistikprogrammet R. Data från båda databaser matchades och kombinerades i R så att endast arter förekommande i båda databaserna analyserades. Eftersom en art kan tillhöra flera spridningsmetoder och kategorier gjordes ett antal antaganden och prioriteringar i Excel. Arter med flera spridningsmetoder tillhörande både LDD (långdistansspridning) och SDD (kortdistansspridning) kategoriserades som LDD då detta anses mer relevant för artens spridningsframgång i denna studie. På samma sätt kategoriserades arter med både biotiska och abiotiska spridningsmetoder som biotiska. För att undersöka påverkan av den stora mängden arter som i EuDiS är kategoriserade som ospecialiserade utfördes även analyser för dataset med de ospecialiserade arterna som då kategoriserades som abiotiska. För att underlätta de statistiska analyserna tilldelades samtliga spridningskategorier ett värde av antingen 1 eller 0 vilka presenteras i tabell 2.

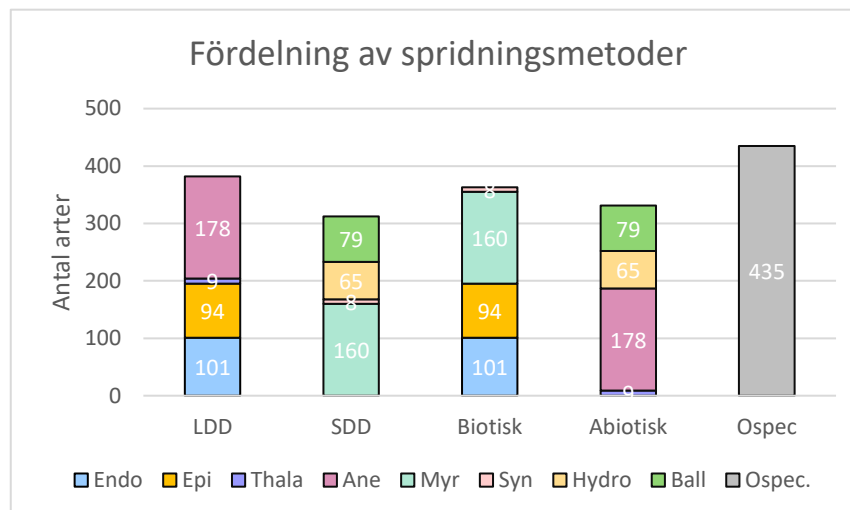
Relationerna mellan spridningskategorier och arternas utbredning undersöktes genom linjära regressionsmodeller i R för varje spridningssätt och utbredningsmått som presenteras i tabell 2. För att undersöka skillnader mellan nordliga och sydliga utbredningar undersöktes samband mellan spridningskategori och områdets medeltemperatur samt dess nordgräns respektive sydgräns. Med de linjära regressionsmodellerna undersöktes signifikansen av eventuella relationer med p-värde och styrkan på sambandet med estimate. P-värde visar signifikansnivån vilket innebär att ett samband kan fastslås som signifikant med ett p-värde under 0,05. Estimate är en uppskattning av lutningen för den linjära regressionsmodellen där en negativ lutning tyder på ett negativt samband och en positiv lutning tyder på ett positivt samband.

*Tabell 2. Studerade spridnings- och utbredningsfaktorer där * markerar data med de ospecialiserade arterna.*

Spridningsmetod	Utbredning
LDD/SDD (1/0)	Utbredningsarea (km ²)
Biotisk/Abiotisk* (1/0)	Medeltemperatur (°C)
Biotisk/Abiotisk (1/0)	Nordliggräns (°N)
	Sydliggräns (°N)

3. Resultat

Efter bearbetning av databaserna EuDiS och Climplant användes 993 arter varav 435 är kategoriserade som ospecialiserade arter. Fördelning av antal arter i respektive spridningsmetod och kategori presenteras i figur 1. Varje spridningsmetod är kategoriserad som LDD eller SDD och biotisk eller abiotisk och finns därmed representerad i två staplar i figuren. Observera att samma art kan tillhöra flera spridningsmetoder och därmed ingå i flera staplar i figuren. Exempelvis sprider sig vitsippa med både med vind, som tillhör LDD och abiotiskspridning, och med myror som tillhör SDD och biotiskspridning. Därför kommer arten att finnas med i samtliga av dessa kategorier. För de statistiska analyserna å andra sidan användes endast LDD och biotiska spridningsmetoder för arter med olika spridningsmetoder.

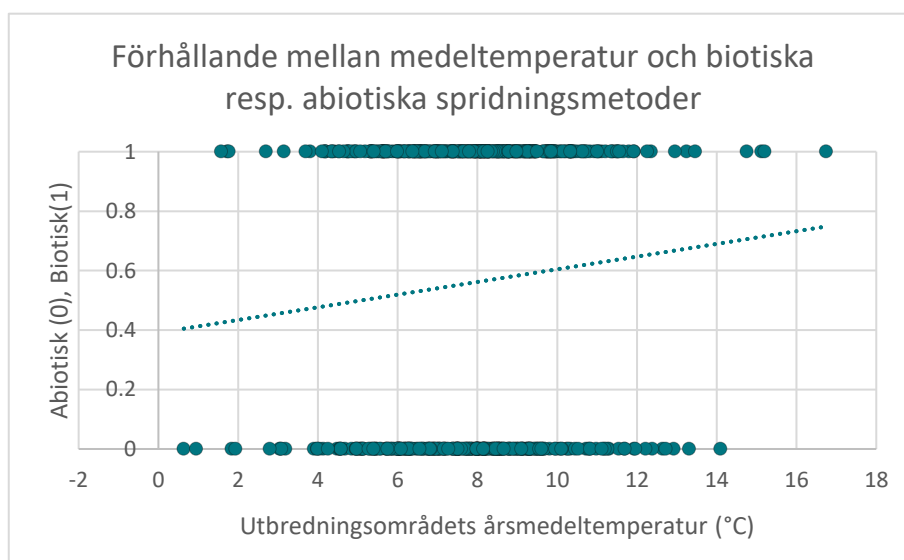


Figur 1: Fördelning av antal arter i respektive spridningsmetod och kategori där varje spridningsmetod finns kategoriserad som LDD eller SDD och biotisk eller abiotisk.

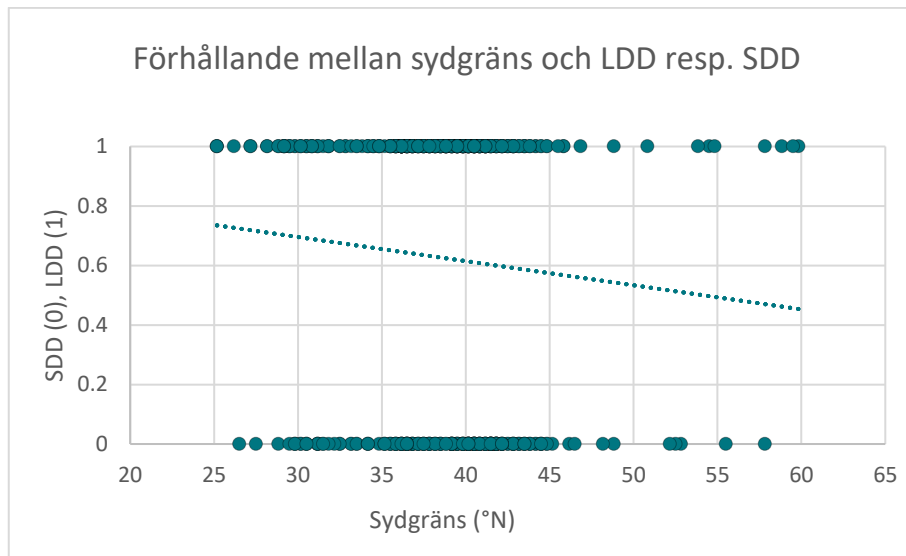
Resultat och statistiska samband presenteras i tabell 3 samt figur 2 och 3. Endast medeltemperatur och biotisk/abiotiska spridningsmetoder visade statistiskt signifikanta samband (se tabell 3 och figur 2), både med och utan de ospecialiserade arterna. Resultaten tyder på att biotisk spridning är vanligare för arter som växer i varma områden jämfört med svala. En hög medeltemperatur skulle kunna tyda på en sydlig utbredning och en låg medeltemperatur på en nordlig. Dessutom påvisades ett nästan signifikant samband (p -värde = 0,06) mellan LDD/SDD och sydgräns (se tabell 3 och figur 3) vilket skulle innebära att arter med en sydlig utbredning främst använder LDD och tvärtom. Variationer för estimate och p -värde kan även noteras för data med eller utan de ospecialiserade arterna där analyser med de ospecialiserade har lägre p -värde och lägre estimate.

Tabell 3: Resultat av samtliga linjära regressionsmodeller där * markerar data med ospecialiserade arter och statistiskt signifikanta p-värden är fetmarkerade. Uppåtriktade pilar visar på ett positivt samband och neråtriktade pilar visar på ett negativt samband.

	LDD/SDD (1/0)	Biotisk/Abiotisk* (1/0)	Biotisk/Abiotisk (1/0)
Utbredningsarea (km²)	p-värde: 0,50 Estimate: 4,7e ⁻⁹ ↑	p-värde: 0,22 Estimate: -6,0e ⁻⁹ ↓	p-värde: 0,13 Estimate: -1,1e ⁻⁸ ↓
Medeltemperatur (°C)	p-värde: 0,74 Estimate: 0,0030 ↑	p-värde: 0,006 Estimate: 0,018 ↑	p-värde: 0,02 Estimate: 0,021 ↑
Nordliggräns (°N)	p-värde: 0,71 Estimate: -0,0010 ↓	p-värde: 0,13 Estimate: -0,0031 ↓	p-värde: 0,52 Estimate: -0,0019 ↓
Sydliggräns (°N)	p-värde: 0,06 Estimate: -0,0081 ↓	p-värde: 0,33 Estimate: -0,0028 ↓	p-värde: 0,53 Estimate: -0,0027 ↓



Figur 2: Biotiska/abiotiska spridningsmetoder (utan ospecialiserade arter) visar ett positivt signifikant samband med utbredningsområdets medeltemperatur (p -värde = 0,02, estimate = 0,021) där arter med biotiska spridningsmetoder tilldelats ett värde av 1 och abiotiska ett värde av 0.



Figur 3: Nästan signifikant samband med LDD/SDD (utan ospecialiserade arter) och utbredningsområdenas sydgräns (p -värde = 0,06, estimate = -0,0081) där arter med LDD tilldelats ett värde av 1 och SDD arter tilldelas ett värde av 0.

4. Diskussion

4.1 Spridningsmetoder och utbredning

Inga signifikanta samband kunde fastslås mellan nyttjandet av abiotiska eller biotiska spridningsmetoder och storleken på utbredningsområde i denna studie. Inga samband kunde heller fastslås för lång- och kortdistans spridningsmetoder och utbredningsområde. En anledning till dessa resultat kan vara att utbredningsområdena som finns idag inte begränsas av spridningsmetoder utan snarare av klimatanpassningar, biotiska relationer och lokala förhållanden (Thuiller et al. 2005). Baserat på Svenning & Skov (2007) och Normand et al. (2011) om framgången av långdistansspridda arter efter LGM hade det varit förväntat att arter med LDD har större eller nordligare utbredningsområden. Denna studie hittade dock inte något sådant samband vilket kan bero på att antalet arter som berörs av LGM inte är tillräckligt många för att reflekteras i denna studie. Exempelvis konstaterade Normand et al. (2011) att klimatfaktorer var fem gånger bättre på att förklara skillnader i utbredning jämfört med spridningsmöjligheter.

4.1.1 Samband mellan biotiskspridning och medeltemperatur

Ett signifikant samband kunde fastställas mellan biotisk spridning och en högre medeltemperatur i utbredningsområdet vilket tyder på att biotiska spridningsmetoder är vanligare i varmare klimat. En anledning till detta kan vara att arter i varma och sydliga breddgrader har haft längre tid på sig att etablera mutualistiska förhållanden mellan växter och dess spridare jämfört med nordliga breddgrader. Detta eftersom södra och centrala Europa inte påverkades i samma utsträckning av den senaste istiden (Hughes et al. 2022). Artsammansättningen har därmed kunnat vara mer konstant, jämfört med i norra Europa, vilket underlättar evolutionär utveckling (Gillman & Wright 2013).

Fortsättningsvis tillåter varmare klimat en högre NPP (Nettoprimärproduktion) d.v.s. en större mängd energi som kan läggas på tillväxt (Bowman & Hacker 2021). Det ger en kortare generationstid och därmed bättre möjligheter för evolutionär utveckling (Gillman & Wright 2013), alltså bättre förutsättningar för specialisering och mutualistiska förhållanden mellan växter och fröspridare. Slutligen tillåter en högre NPP både högre individantal och artrikedom av djur (Gillman & Wright 2013) vilket gör biotisk spridning mer fördelaktig i dessa områden.

För att undersöka påverkan av de ospecialiserade arterna gjordes två analyser för biotisk/abiotisk spridning. När de ospecialiserade arterna inkluderades antogs de

tillhöra de abiotiska spridningsmetoderna. Med de ospecialiserade arterna visades ett lägre värde för estimate och ett lägre p-värde (presenterade i tabell 3). Detta kan bero på att en del arter i EuDiS inte har tillräckligt tydliga morfologiska anpassningar för att kategoriseras. En del arter som egentligen använder biotiska spridningsmetoder kategoriserades då som abiotiska i denna studie. Analyserna utan de ospecialiserade arterna visar därmed ett starkare samband medan den kraftiga minskningen av data gör ofta att p-värdet blir högre.

4.1.2 Nordlig- och sydliggräns som geografiskt mått

I analyserna för denna studie hittades ett nästan signifikant samband mellan sydliggräns och arter som sprider sig med lång- eller kortdistansspridning. Dessa resultat skulle tyda på att arter med en sydlig utbredning främst använder sig av LDD, medan SDD är vanligt för arter med en nordlig utbredning. Detta kan vara överraskande i förhållande till Normand (2011) och Svenning & Svok (2007) som diskuterar betydelsen av LDD för nordlig migration och utbredning efter LGM. Om ett sådant samband skulle infinna sig så borde andra faktorer visa samma resultat. Exempelvis borde analyserna visa samband med högre medeltemperatur hos arter som utnyttjar LDD men inget sådant resultat kunde fastställas i denna studie (se tabell 3). Detta gör att det nästan signifikanta sambandet inte kan användas för några trovärdiga slutsatser.

Det går även att ifrågasätta nord- och sydgräns som indikatorer på latitudutbredning. Detta eftersom det inte går att skilja på arter med stora utbredningsområden och på de med små nordliga eller sydliga utbredningar. Medeltemperatur å andra sidan kan göra sådana distinktioner vilket gör det till ett bättre mått för arter med sydliga och nordliga utbredningar. Detta sker dock med stora förenklingar av Europas klimat och kan då bli missvisande för arter i sydliga svala områden som exempelvis i bergskedjor eller vid östliga och västliga variationer.

4.2 Migration och klimatförändringar

Även om denna studie inte hittade något signifikant samband mellan spridningsmetoder och utbredningsområde har de fortfarande betydelse för artens förflyttningsframgång, speciellt med tryck av ett förändrande klimat. Corlett och Westscott (2013) visar i sin studie att det är framför allt förekomsten och längden för enskilda långdistansspridningar som har störst påverkan på förflyttningshastigheten. Detta innebär att spridningsmetod kan komma att ha stor betydelse för arter som behöver flytta sig med klimatförändringarna (Corlett & Westscott 2013).

Med ett succesivt varmare klimat flyttar sig allt fler arter norrut för att följa med i förändringarna (Parmesan & Hanly 2015, Ceglar et al. 2019), men hur blir det med dem som inte kan flytta sig? Dessa kommer att få stora problem med minskade habitat och populationer där arter anpassade för bergsklimat kan drabbas hårt. De är ofta mycket specialiserade till det tuffa klimatet i bergen och har då ofta små habitat och en liten tolerans för förändring (Thuiller et al. 2005). Alsos et al. (2012) undersökte hur den genetiska diversiteten hos nordliga växtarter kan förändras av klimatförändringarna. Studien visade att nästan alla undersökta arter förväntas genomgå förlust av genetisk diversitet. De utan långdistansspridning och med små utbredningsområden genomgår störst minskning. En hög genetisk diversitet är väsentlig för arters anpassningsförmåga och dess överlevnadschanser, dels då den ligger till grund för evolutionär utveckling men ger också bättre resiliens mot snabba förändringar (Alsos et al. 2012). Arter med små utbredningsområden och med begränsade förflyttningsförmåga eller resiliens kan komma att få stora problem med klimatförändringarna.

Det är inte bara temperaturförändringar som driver förflyttning av växtarter. Flera olika faktorer påverkar migrationen av arter, som markanvändning och vattentillgänglighet (Parmesan & Hanley 2015). Med en alltmer utbredd torka kan vattentillgänglighet bli en bristfaktor (Grillakis 2019) vilket också kan påverka växternas utbredning. Crimmins et al. (2011) visar att flera studerade växtarter i Kalifornien, till skillnad från temperaturbaserade förväntningar, vandrar mot lägre elevationer till följd av förändrade vattenförhållanden. Markanvändning och landskapsutformning har också stor påverkan på möjligheterna för växter att flytta sig. I ett heterogent landskap kan växter möta både naturliga och mänskliga barriärer. Exempelvis bergskedjor, sjöar och urbaniserade områden som förhindrar spridningen. Dessa får dock mindre betydelse för arter med långdistansspridning (Corlett & Westscott 2013). Alla dessa faktorer som påverkar spridningen tyder på komplexa rörelsemönster till följd av klimatförändringarna.

En annan faktor som påverkar spridningsmöjligheter, speciellt för biotiskt spridda arter, är symbiotiska relationer. De är beroende av sina fröspridare, vilket kan begränsa migrationen (Corlett & Westscott 2013). Detta ger särskilt stora utmaningar då förekomsten av många djurarter minskar till följd av klimatförändringarna. Flera växtarter riskerar att förlora sina fröspridare (Mendes et al. 2024, Fricke et al. 2022). Defauneringen har därför stor påverkan på växternas förmåga att följa med i klimatförändringarna (Fricke et al. 2022).

4.2.1 Invasiva och exotiska arter

Goda spridningsmöjligheter till nya habitat ger inte bara bättre chanser växter att överleva utan ger också upphov till nya mellanartsinteraktioner vilket skulle kunna orsaka problem för inhemska arter (Corlett & Westscott 2013). Framgången för en invasiv art påverkas av både abiotiska och biotiska faktorer där flera kan underlättas av klimatförändringarna. När abiotiska faktorer förändras kommer dessa också att påverka de biotiska i form av förändrad abundans och resiliens hos de inhemska arterna. Invasiva arter får mindre konkurrens och motstånd då de inhemska arterna redan är påverkade av abiotisk stress (Turbelin & Catford 2021). Extrema väderhändelser kan också vara till fördel för vissa invasiva arter. Exempelvis öppnar kraftiga stormar upp trädkronorna vilket ger ett större ljusinsläpp som gynnar snabbväxande arter och bränder frigör näringsämnen och öppnar upp landskapet vilket kan gynna framfarten av invasiva arter (Turbelin & Catford 2021).

Parmesan & Hanley (2015) understryker betydelsen av att i diskussioner separera exotiska och invasiva arter då introduktionen av nya arter inte nödvändigtvis leder till destruktiva följder. Enligt Parmesan och Hanley (2015) borde klimatförändringar teoretiskt vara till fördel för etablerade exotiska arter och försvåra tillvaron för inhemska, men i praktiken har studier varit mer tvetydliga. Flera studier har snarare visat att inhemska och exotiska arter påverkas i samma utsträckning av ett förändrat klimat (Parmesan & Hanley 2015).

4.3 Felkällor

EuDiS-databasen kategoriserar sina spridningsmetoder utifrån artens observerade morfologiska egenskaper, vilket inte alltid ger den fulla bilden av alla metoder arten använder sig av i praktiken. Det omvända förhållandet kan också förekomma. En morfologisk anpassning som är typisk för en viss spridningsmetod innebär inte nödvändigtvis att metoden används (Vargas et al. 2023). Databasen innehåller även ett stort antal arter som kategoriseras som ospecialiserade (se figur 1). Morfologiska egenskaper för många arter är inte tydliga nog för att kunna kategoriseras till lämplig spridningsmetod (Vargas et al. 2023). Detta ger ett stort bortfall av information och användbara data för undersökning av frågeställningarna i denna studie. Det visas bland annat i de anmärkningsvärda skillnaderna i p-värde mellan analyser för data med respektive utan de ospecialiserade arterna (se tabell 3).

Spridningsmetoderna i denna studie delades upp i LDD eller SDD men det finns också betydande skillnader inom respektive spridningsmetod. Exempelvis för epizookori och endozookori har fröspridaren stor påverkan på växtens framgång.

Ozinga et al. 2008 visade att bland de växtarter vars diversitet har minskat kraftigast är många spridda med landlevande däggdjur. Däremot har växtarter framför allt spridda med fåglar klarat sig betydligt bättre (Ozinga et al. 2008). I denna studie är dessa placerade i samma kategori vilket inte belyser dessa skillnader. För framtida studier kan fler distinktioner vara värdefulla för bättre uppskattningar av klimatförändringarnas påverkan för olika grupper. Fortsättningsvis gjordes flera förenklingar. LDD och biotiska spridningsmetoder prioriterades för arter med flera sätt att sprida sig även om de inte nödvändigtvis utnyttjar dessa mer. Med tanke på spridningsmetodernas betydelse för migrationen anses dock prioriteringarna motiverade.

Utbredningsområdena från Climplant baseras på litteratur från 1960–1990-talet (Vangansbeke et al. 2021) vilket i vissa fall kanske inte stämmer helt överens med hur utbredningarna ser ut idag. Eftersom många arter flyttar sig (Chen et al. 2011) och det sker en pågående förlust av flera habitat och naturområden (Alsos et al. 2012) så finns en risk att områdena presenterade i Climplant inte stämmer överens med dagens utbredningar. Å andra sidan har detta sannolikt inte någon betydande påverkan för resultaten av denna studie men är viktigt att ta i beaktning vid framtida mer detaljerade undersökningar.

Vangansbeke et al. (2021) diskuterar flera begränsningar med databasen Climplant. Bland annat gör storleken på rastercellerna att mikroklimat inte omfattas. Arternas faktiska klimatischer kan då hamna under radarn. Dessutom stämmer inte alltid artens utbredning överens med dess fysiska tolerans eller exakta nisch (Vangansbeke et al. 2021). Som diskuteras i denna studie finns det många faktorer som påverkar en arts utbredning, t.ex. historia, markanvändning, klimat och biotiska relationer. Detta måste beaktas när man drar slutsatser om arters utbredning och klimattolerans.

5. Slutsats och vidare undersökningar

Syftet med denna studie var att undersöka spridningsmetoders koppling till utbredningen hos europeiska växtarter samt vad det kan ha för betydelse i ett förändrande klimat. För att undersöka detta användes frågeställningarna nedan.

- Har arter som sprider sig med biotisk- eller långdistansspridning större utbredningsområden i Europa?
- Kan arter med små eller nordliga utbredningar hotas av spridningsbrist i en förändrande miljö?

Enligt resultatet av denna studie kunde ingen koppling mellan spridningsmetod och storlek på utbredningsområde fastslås. Detta kan bero på att många andra faktorer påverkar utbredningen. Dock kan både spridning och förekomst ha stor betydelse i och med klimatförändringarna. I det stora hela ger ett snabbt förändrande klimat många svårigheter, men vissa egenskaper ger fler fördelar än andra. Långdistansspridning ger bättre möjligheter att hålla takt med klimatförändringarna och generalister kan lättare anpassa sig både till en förändrad tillvaro och nya områden. Problem kan det bli för arter med biotisk kortdistansspridning. Migrationen begränsas av både distans och fröspridarnas framkomlighet.

Analyserna i denna studie hittade inga signifikanta samband som skulle tyda på större nackdelar för nordliga arter. Å andra sidan visar andra studier att nordliga och bergsanpassande arter, med små utbredningar, kan hotas av spridningsbrist i och med klimatförändringarna. Minskade populationer och små utbredningsområden ger minskad genetisk diversitet, vilket är betydande för arternas resiliens och anpassningsförmåga. Dessutom leder förflyttning av många växtarter till nya mellanartsinteraktioner, vilket kan vara till fördel för invasiva arter och ge ökad stress för inhemska.

Påverkan av klimatförändringarna på Europas växtarter kräver fortsatta studier om spridningsmetoder och klimatpåverkan. Utifrån denna studie skulle det vara intressant att undersöka fenomen i en mindre skala, där mikroklimat och mer komplexa sambandsmönster kan upptäckas. Kategoriseringarna som gjordes i denna studie resulterade i att spridningsmetoder med stora skillnader placerades i samma spridningskategori. Det skulle därmed vara intressant att undersöka andra uppdelningar av spridningsmetoder som bättre stämmer överens med fröspridningen som sker i praktiken. Bättre kunskap om växtspridning ger större möjligheter för naturvårdsarbetet att underlätta migrationen av växtarter.

Referenser

- Alsos I. G., Ehrlich D., Thuiller W., Eidesen P. B., Tribsch A., Schönswetter P., Lagaye C., Taberlet P. & Brochmann C., (2012) *Genetic consequences of climate change for northern plants*, Proceedings of the Royal Society B., 279: 2042-2051, <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2363>
- Beckman N. G. & Sullivan L. L., (2023) *The Causes and Consequences of Seed Dispersal*, Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 54: 403-427, <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102320-104739>
- Bowman W. D. & Hacker S. D., (2021) *Ecology* Sinauer, 5: 436-456.
- Crimmins S. M., Dobrowski S. Z., Greenberg J. A., Abatzoglou J. T. & Mynsberge A. R., (2011) *Changes in Climatic Water Balance Drive Downhill Shifts in Plant Species' Optimum Elevations*, Science, 331: 324-327, <https://doi.org/10.1126/science.1199040>
- Ceglar, A., Zampieri, M., Toreti, A., & Dentener, F. (2019). *Observed northward migration of agro-climatezones in Europe will further accelerate under climate change*, Earth's Future, 7: 1088–1101 <https://doi.org/10.1029/2019EF001178>
- Chen I. C., Hill J. K., Ohlemuller R., Roy D. B. & Thomas C. D., (2011) *Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming*, Science, 333 (6045): 1024–1026. <https://doi.org/10.1126/science.1206432>
- Corlett R. T. & Westscott D. A. (2013) *Will plant movements keep up with climate change?*, Trends in Ecology & Evolution, 28: 482 – 488 <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.04.003>
- Fricke E. C., Ordonez A., Rogers H. S. & Svenning J. C., (2022) *The effects of defaunation on plants' capacity to track climate change*, Science 375 (6577): 210-214, <https://doi.org/10.1126/science.abk3510>
- Gillman L. N. & Wright S. D. (2013) *Species richness and evolutionary speed: the influence of temperature, water and area*, Journal of Biogeography 41: 39-51, <https://doi.org/10.1111/jbi.12173>
- Gómez C. & Espadaler X., (2013) *An update of the world survey of myrmecochorous dispersal distances* Ecography, 36: 1193–1201 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00289.x>
- Grillakis M. G., (2019) *Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change*, Science of The Total Environment, 660: 1245-1255, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.001>
- Hughes P. D., Palacios D., García-Ruiz J. M., Andrés N. (2022) *Chapter 64 - The European glacial landscapes from the Last Glacial Maximum – synthesis*, European Glacial Landscapes, 507-516, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823498-3.00005-4>

- Iluz, D. (2010). *Zoochory: The Dispersal Of Plants By Animals*. All Flesh Is Grass. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, 16: 199-214, https://doi.org/10.1007/978-90-481-9316-5_9
- IPCC (2023) *CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report*, IPCC, https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf
- Mendes S. B., Olesen J. M., Memmott J., Costa J. M., Timóteo S., Dengucho A. L., Craveiro L. & Heleno R., (2024) *Evidence of a European seed dispersal crisis*, Science, 386 (6718): 206-211, <https://doi.org/10.1126/science.ado1464>
- Normand S., Ricklefs R. E., Skov F., Bladt J., Tackenberg O. & Svenning J. C., (2011) *Postglacial migration supplements climate in determining plant species ranges in Europe*, Proceedings of the Royal Society B, 278: 3644–3653 <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2769>
- Ozinga W. A., Römermann C., Bekker R. M., Prinzing A., Tramis W. L. M., Schaminée J. H. J., Hennekens S. M., Thompson K., Poschlod P., Kleyer M., Bakker J. P. & van Groenendael J. M., (2009) *Dispersal failure contributes to plant losses in NW Europe*, Ecology letters, 12: 66-74, <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01261.x>
- Parmesan C. & Hanley M. E. (2015) *Plants and climate change: complexities and surprises*, Annals of Botany, 116: 846-864, <https://doi.org/10.1093/aob/mcv169>
- Pellerin M., Picard M, Saïd S., Baubet E. & Baltzinger C., (2016) *Complementary endozoochorous long-distance seed dispersal by three native herbivorous ungulates in Europe* Basic and Applied Ecology 17: 321-332 <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.01.005>
- Svenning J. C. & Skov F., (2007) *Ice age legacies in the geographical distribution of tree species richness in Europe*, Global Ecology and Biogeography, 16: 234-245, <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00280.x>
- Thuiller W., Lavorel S., Araújo M. B., Sykes M. T. & Prentice I. C., (2005) *Climate change threats to plant diversity in Europe*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 102 (23): 8245– 8250, <https://doi.org/10.1073/pnas.0409902102>
- Turbelin A. & Catford J. A., (2021) *Invasive plants and climate change*, Climate Change, 3: 515-539 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821575-3.00025-6>
- Traveset A., Robertson A. W. & Rodríguez-Pérez J., (2007) *A review on the role of endozoochory in seed germination* Seed dispersal: theory and its application in a changing world 78-103 <https://doi.org/10.1079/9781845931650.0078>
- Vangansbeke P., Máliš F., Hédli R., Chudomelová M., Vild O., Wulf M., Jahn U., Welk E., Rodríguez-Sánchez F. & De Frenne P., (2021) *ClimPlant: Realized climatic niches of vascular plants in European forest understoreys*. Global Ecology and Biogeography, 30: 1183–1190. <https://doi.org/10.1111/geb.13303>
- Vargas P., Heleno R. & Costa J. M., (2023) *EuDiS - A comprehensive database of the seed dispersal syndromes of the European flora*, Biodiversity Data Journal, 11, <https://doi.org/10.3897/BDJ.11.e104079>

Viana D. S., Santamaría L., Michot T. C. & Figuerola J. (2013) *Allometric Scaling of Long-Distance Seed Dispersal by Migratory Birds* The American Naturalist 181 (5): 649-62 <https://doi.org/10.1086/670025>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

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

☒ JA, jag, Elin Dahl har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta