

# Miljöövervakning av naturvärden i kraftledningsgator

Giulia Zacchello, Guillermo Aguilera Núñez, Matthew Hiron

Institutionen för ekologi, Sveriges lantbruksuniversitet, 2026

På uppdrag av Svenska kraftnät

# Innehåll

Innehåll .....	1
Allmän inledning.....	2
Populärvetenskaplig sammanfattning: Kraftledningsgator i Sverige: En möjlighet för biologiska refugier .....	3
Bakgrund.....	5
Syfte .....	5
Studiens design .....	6
Markslag .....	6
Skötsel.....	7
Region .....	7
Remiil .....	8
Analys och resultat .....	10
Arter och gräsmarksarter.....	10
Kopplingen mellan miljöegenskaper och arter.....	23
Diskussion .....	32
a) Habitatidentitet: Kan gräsmarker i kraftledningsgator jämföras med gräsmarker? .....	32
b) Markanvändningshistorik: Påverkar tidigare markanvändning dagens biologiska mångfald?.	32
c) Skötsel: Hur påverkar olika skötselåtgärder biologisk mångfald? .....	33
d) Landskap och regional kontext: Hur påverkar omgivningen kraftledningsgatans biodiversitet? .....	33
Slutsatser .....	35
Avslutande kommentarer om vikten av långsiktig uppföljning.....	35
Referenser .....	37

## Allmän inledning

Gräsmarker är välkända för att stödja en hög växtartsmångfald, inklusive många habitatspecialister. Den pågående fragmenteringen och ökande isoleringen av gräsmarksområden hotar dock växtsammhällena – inte bara inom själva gräsmarkerna utan även i omgivande miljöer. I detta sammanhang har kraftledningsgator uppmärksamats som potentiella kompletterande habitat som kan stödja gräsmarkers biodiversitet (Gardiner m.fl., 2018). Deras värde ligger framför allt i hur de sköts samt i de tidiga successionsstadier som bevaras genom denna skötsel.

Dessa linjära strukturer, som hålls öppna för att förhindra att hög vegetation stör elledningar, liknar ofta seminaturliga gräsmarker och kan hysa en mångfald av växtarter. En nyckelfaktor är den återkommande röjningen av buskar och träd, vilket håller vegetationen i ett tidigt successionsstadium (Hill & Bartomeus, 2016). Det hindrar skogsuppslag och gynnar gräs, örtartade växter och låga buskar – vilket skapar förhållanden liknande de som finns i öppna gräsmarker och hedar.

Landskapets kontext spelar en viktig roll för betydelsen av dessa linjära habitat (Auffret & Lindgren, 2020). I skogsdominerade regioner erbjuder kraftledningsgator värdefulla öppna miljöer som annars är sällsynta. Dessa områden kan stödja blomrik örtvegetation, vilket är avgörande för många gräsmarksarter. Forskning har visat att kraftledningsgator kan vara viktiga habitat för pollinatörer som vilda bin och fjärilar (Dániel-Ferreira m.fl., 2023). De kan även fungera som källhabitat för växt- och pollinatörsarter, där individer sprider sig till intilliggande miljöer som skogsbilvägar och seminaturliga betesmarker. Dessa linjära strukturer kan dessutom öka landskapets konnektivitet genom att underlätta rörelse och spridning av vissa arter mellan isolerade gräsmarkspatcher (Ouédraogo m.fl., 2020; Villemey m.fl., 2018). Även om ytterligare bevis behövs specifikt för gräsmarksanknutna arter, erbjuder kraftledningsgator en lovande möjlighet att förbättra landskapsekologisk konnektivitet.

En viktig aspekt av kraftledningsgator, och det som gör dem särskilt intressanta ur ett bevarandeperspektiv, är möjligheten till flexibel skötsel. Genom att justera åtgärder – såsom att öka frekvensen eller selektiviteten i röjning, eller att kombinera röjning med slåtter – kan förhållandena för gräsmarksarter förbättras avsevärt (Hill & Bartomeus, 2016; Ouédraogo m.fl., 2020; Villemey m.fl., 2018).

I denna rapport försöker vi besvara några av dessa frågor med hjälp av insamlade fältdata från kraftledningsgator i Sverige.

# Populärvetenskaplig sammanfattning: Kraftledningsgator i Sverige: En möjlighet för biologiska refugier

Under det senaste århundradet har Sverige förlorat hela 90 % av sina traditionella slåtterängar och naturbetesmarker. I takt med att dessa livsmiljöer har försvunnit har ekologer riktat uppmärksamheten mot "människoskapade gräsmarksliknande miljöer" såsom vägkanter och kraftledningsgator. Denna rapport analyserar biodiversitetsdata insamlade i kraftledningsgator över hela Sverige och visar att dessa miljöer är långt mer än bara industriell infrastruktur – de fungerar som viktiga spridningsvägar för gräsmarksarter.

Mellan 2015 och 2024 undersökte vi hur vanliga gräsmarker är i kraftledningsgator genom att studera slumpmässigt utvalda rutor på 3x3 kilometer över hela Sverige. I dessa rutor samlade vi in omfattande fältdata: omkring 30 olika miljövariabler och förekomst eller frånvaro av ungefär 500 arter av kärlväxter, mossor och lavar. Samtidigt undersökte vi i ett parallellt projekt även traditionella gräsmarker i hela landet med exakt samma metod. Det gjorde det möjligt för oss att jämföra naturen i kraftledningsgator med naturen i mer klassiska gräsmarker – och se hur lika eller olika dessa miljöer egentligen är.

## *En spegel av traditionella ängar*

Rapporten visar att kraftledningsgator ofta fungerar som habitatmässiga tvillingar till semi-naturliga gräsmarker. Hela 81 % av de växtspecialister som vanligtvis förekommer i traditionella ängar återfinns även i dessa korridorer. I södra och mellersta Sveriges jordbrukslandskap är det genomsnittliga artantalet i kraftledningsgator jämförbart med det i traditionella betesmarker, vilket gör dem till viktiga lokala hotspots för växter. I mer skogsdominerade landskap – särskilt i norra Sverige – är den totala artrikedomen lägre, vilket speglar bredare klimatologiska och ekologiska skillnader i landet. Trots detta spelar kraftledningsgator en viktig roll, särskilt där andra gräsmarker är sällsynta. Även om de övergripande mönstren är tydliga kan resultaten vara mer osäkra i områden med färre inventerade lokaler, något som är viktigt att ha i åtanke vid jämförelser mellan regioner.

## *Skötseln spelar roll*

Hur kraftledningsgator sköts har stor betydelse. Studien visar att patrullstigar – de smala stråk direkt under kraftledningarna som röjs vart 4–6:e år – är särskilt artrika. De hyser konsekvent fler arter än den bredare delen av gatan, som vanligtvis röjs vart 8–12:e år.

- Frekvent röjning håller träd och buskar borta och återskapar de öppna förhållanden som tidigare upprätthölls genom bete och slåtter. I många fall hyser patrullstigarna lika många gräsmarksspecialister som välskötta traditionella betesmarker.
- Riktad "anpassad skötsel" i särskilt värdefulla områden är också kopplad till hög artrikedom. Här finns dock en viktig nyans: många av dessa platser valdes för särskild skötsel just eftersom de redan var artrika. Det gör det svårt att avgöra hur mycket av biodiversiteten som skapats genom skötsel – och hur mycket som fanns där från början.

Budskapet är tydligt: skötseln spelar roll. Men effektiv förvaltning måste kombineras med noggrann uppföljning och utvärdering för att förstå vad som faktiskt driver ökningarna i biologisk mångfald.

## *Läge och historia: markens "historiska arv"*

En kraftledningsgatas värde som gräsmark beror i hög grad på dess omgivning och dess historia.

- **Närhet till värdefulla gräsmarker:** Den biologiska mångfalden är som störst när kraftledningsgatan ligger nära befintliga, värdefulla gräsmarker. Dessa fungerar som "källhabitat" som möjliggör spridning av frön och arter in i kraftledningsgatan.
- **Geografiskt läge i Sverige:** I norra Sveriges skogsdominerade landskap, där traditionella ängar är ovanliga, fungerar kraftledningsgator som viktiga refugier. I vissa områden kan de vara bland de få kvarvarande livsmiljöerna för arter knutna till öppna marker.
- **Markens tidigare användning:** Markens historia skapar en så kallad "legacy-effekt". Korridorer som har anlagts på tidigare skogsmark behåller ofta sura jordar och buskvegetation, vilket kan fördröja utvecklingen av en mogen gräsmark jämfört med korridorer som har etablerats på tidigare jordbruksmark.

## *Inte en ersättning – utan ett komplement*

Rapporten avfärdar också vissa farhågor: kraftledningsgator verkar inte fungera som större spridningskorridorer för invasiva arter, och de hyser rödlistade arter i liknande omfattning som traditionella gräsmarker.

Slutsatsen är dock nyanserad. Även om kraftledningsgator fungerar som viktiga refugier kan de inte fullt ut återskapa den ekologiska komplexiteten hos gamla, semi-naturliga gräsmarker. De bör därför inte ses som en ersättning för traditionella ängar och betesmarker, utan som ett viktigt komplement – en del av ett större landskapsnätverk som behövs för att bevara Sveriges växtarv i en allt mer fragmenterad värld.

# Bakgrund

## Syfte

I den här rapporten analyserade vi data om växter och lavar, samt deras biologiska mångfald och miljö, som har samlats in inom gräsmarker i kraftledningsgator. Syftet med denna studie är att undersöka vilken roll kraftledningsgator spelar för att stödja biologisk mångfald i det svenska landskapet, samt att identifiera de faktorer som påverkar deras ekologiska betydelse. För att göra detta analyserar vi gräsmarkshabitat inom kraftledningsgator utifrån fyra huvudsakliga perspektiv: habitatidentitet, markanvändningshistorik, skötsel och landskapets kontext.

### **a) Habitatidentitet: Kan gräsmarker i kraftledningsgator jämföras med gräsmarker?**

Vi undersöker om gräsmarker som har skapats och som underhålls i kraftledningsgator kan betraktas som likvärdiga med traditionella gräsmarkshabitat. Mer specifikt jämför vi artsammansättning och mångfald mellan gräsmarker i kraftledningsgator och seminaturliga gräsmarker utanför dessa, baserat på data från båda typerna av provytor (där *Remil*-ytor representerar de senare)

### **b) Markanvändningshistorik: Påverkar tidigare markanvändning dagens biologiska mångfald?**

Även om också detta relaterar till skötsel, handlar markanvändningshistorik om hur marken användes innan kraftledningsgatan etablerades. Vissa gator går genom tidigare skogsområden, medan andra går genom före detta jordbrukslandskap eller tidigare betade gräsmarker. Dessa historiska skillnader kan lämna efter sig så kallade "legacy-effekter" som påverkar hur vegetationen svarar på dagens skötsel. Vi undersöker om och hur dessa effekter påverkar den nuvarande växtmångfalden i kraftledningsgatorna, samt hur de samverkar med pågående skötsel.

### **c) Skötsel: Hur påverkar olika skötselåtgärder biologisk mångfald?**

Vi analyserar om variation i skötsel inom kraftledningsgator har betydelse för växtmångfalden. Det inkluderar jämförelser mellan kraftledningsgator som underhålls med standardrutiner (*kraftledning*) och de med anpassad skötsel (*kraftledning med anpassad skötsel*), samt mellan patrullstigar (*patrullstig*) och patrullstigar med riktade skötselinsatser (*patrullstig med anpassad skötsel*). Vårt mål är att se om dessa skillnader i skötsel återspeglas i växtsamhällena.

### **d) Landskapets kontext: Hur påverkar omgivningen kraftledningsgatans biodiversitet?**

Kraftledningsgator påverkar – och påverkas av – det omgivande landskapet. Förekomsten och närheten av andra gräsmarkshabitat kan vara avgörande för hur framgångsrik en viss skötselstrategi blir. Till exempel kan kraftledningsgator som omges av andra gräsmarker vara mer mottagliga för kolonisering av arter som sprids från dessa omgivande miljöer. Regioner kan dessutom ses som en övergripande landskapsfaktor som kan påverka den lokala biodiversiteten. Denna påverkan kan bero på biogeografiska mönster – till exempel artsammansättning som är kopplad till större ekologiska zoner – eller på dominerande markanvändningstyper inom varje region, såsom den högre skogstäckningen i norr jämfört med de mer jordbruksdominerade landskapen i söder. I vår rapport inkluderar vi därför regionala jämförelser för att förklara de flesta av de mest analyserade mönstren, men vi undersöker också i detalj effekten av landskapssammansättning och hur mängden gräsmark i landskapet eller avståndet till närmaste gräsmark påverkar artrikedomen i kraftledningsgator.

Vi analyserade hur dessa faktorer kan påverka:

- Förekomst av arter och gräsmarksarter med jämförelse av genomsnittliga antalet arter i provytor, artackumuleringskurvor och/eller uppskattat artantal.
- Kopplingen mellan miljöegenskaper och artsammansättning med Canonical Correspondence Analysis (CCA).

I nästa avsnitt följer en genomgång av de begrepp, variabler och faktorer som har använts i rapportens dataanalys.

## Studiens design

Mellan 2015 och 2024 undersökte vi förekomsten av gräsmarker inom kraftledningsgator med hjälp av flygbilder inom cirka 280 rutor om 3x3 km över hela Sverige. Om en ruta innehöll någon gräsmark placerades en eller flera provytor där. Totalt besökte vi 1 512 provytor, det vill säga cirklar med 3 meters radie, fördelade över 199 rutor med förekomst av gräsmarker. I fält samlade vi in data om cirka 30 olika miljövariabler samt förekomst/frånvaro av cirka 500 arter av kärlväxter, mossor och lavar. Mer information om metoden kan hittas i (Glimskär m.fl., 2015).

För att kunna analysera vilka faktorer som påverkar den biologiska mångfalden i kraftledningsgator valde vi ut ett antal variabler som potentiella påverkansfaktorer, d.v.s. markslag, skötsel, region, avstånd från andra gräsmarker samt arealen av gräsmarker i närområdet. Dessa val grundades på tidigare forskning, ekologisk teori samt observationer från fältarbetet. Eftersom vi hade som syfte att jämföra arter i gräsmarker längs kraftledningsgator med gräsmarker utanför, använde vi data från ett parallellt projekt om svenska gräsmarker som heter Remiil (Regional miljöövervakning i landskapsrutor). Nedan följer en beskrivning av dessa variabler och parallella projekt.

## Markslag

Kraftledningsgatorna klassificerades i olika markslag – en kombination av markanvändning och marktäcke (Glimskär & Skånes, 2015) – först genom tolkning av flygbilder och därefter genom fältbesök. De huvudsakliga kategorierna av markslag som användes var:

- **Åkermark/tidigare åkermark.** Mark som är eller har varit använd för odling av åkergrödor eller vall. Denna typ av marker hålls i huvudsak öppna – eller har tidigare hållits öppna – genom jordbruksverksamhet och inte genom röjning under kraftledning.
- **Betes-/slåttermark.** Mark som används för bete eller slåtter, men som inte är lämplig att bli åkermark. Dessa gräsmarker är ofta så kallade semi-naturliga gräsmarker, som inte har påverkats av plöjning. Precis som för kategorien åkermark/tidigare åkermark hålls betes-/slåttermark i huvudsak öppen genom jordbruksverksamhet och inte genom röjning under kraftledning.
- **Annan gräsmark.** Mark som hålls öppen enbart tack vare skötsel av kraftledningsgator – och inte av jord- eller skogsbruk. Även utanför kraftledningsgator kan marken klassificeras som ”annan gräsmark”, på grund av annan mänsklig användning än kraftledningsskötsel, såsom skötta rekreationsytor på naturmark, naturtomter med mera. Den kan också vara öppen av naturliga orsaker, till exempel i fjällhedar, rasmarker eller på naturlig block- och hållmark.
- **Anlagd mark.** Mark som är konstruerad eller bearbetad, med hårdjord mark (asfalt m.m.), byggnader eller anlagd vegetation.
- **Skog.** Skogklädd mark med eller utan skogsbrukspåverkan – även hyggen och ungskog.
- **Våtmarker eller akvatisk miljö.** Mark som har torvbildande vegetation på grund av hög vattenmättnad i marken (myr) eller som på annat sätt präglas och hålls öppen av vattenpåverkan.

Endast de tre första kategorierna behölls i analysen.

## Skötsel

Svenska kraftnät besöker regelbundet kraftledningsgator för att kontrollera eventuella driftstörningar i eldistributionen. Skötseln skiljer sig åt beroende på position inom kraftledningsgatan och det aktuella området. Nedan följer beskrivningar av olika typer av skötsel, hämtade från *Riktlinjer för underhåll av ledningsgator och stationsytor* (Svenska kraftnät, 2019) samt *Fältmanual för skötsel av kraftledningsgatans biotoper* (Grusell & Miliander, 2011):

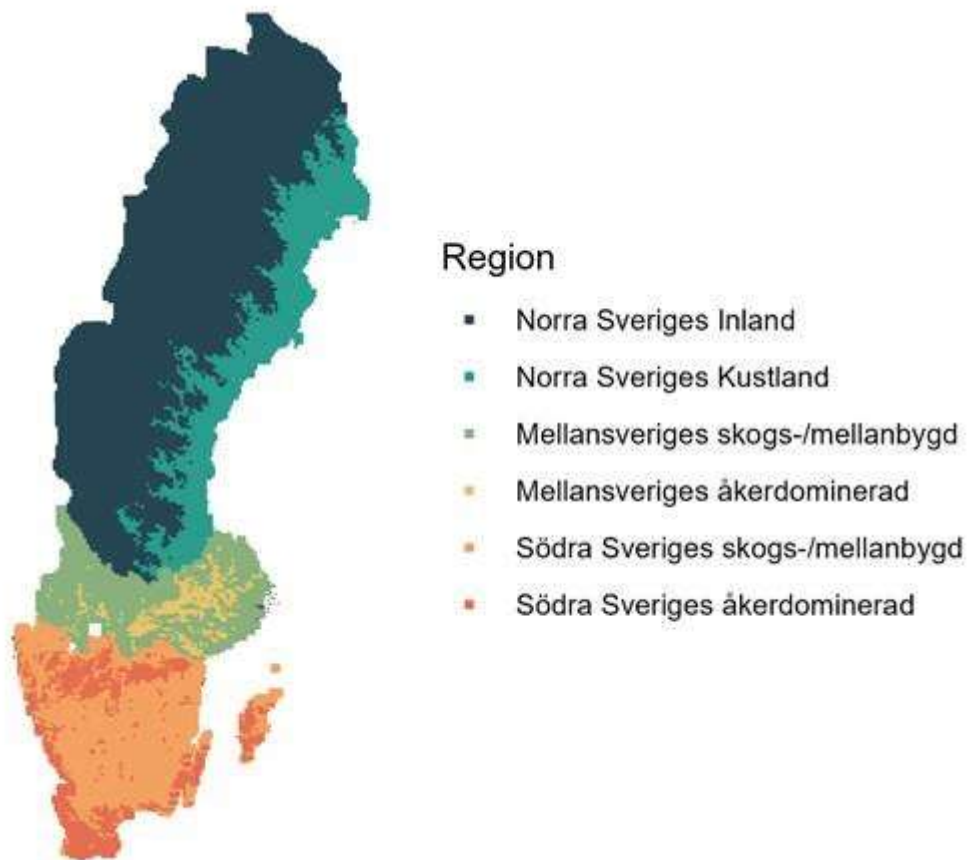
- **Kraftledningsgata** (skogsgata) betecknar det skogsområde som löper längs en kraftledning och där ledningsägaren vid underhåll avverkar huvudsakligen all högväxande vegetation, medan lågväxande vegetation tillåts kvarstå. Kraftledningsgator kan vara upp till 52 meter breda. Skogsbesiktning med tillhörande underhållsröjning ska i de flesta fall utföras med åtta års intervall. I områden med låg tillväxt, framför allt i norra Sverige, kan ett tolvårigt intervall mellan åtgärderna vara lämpligt. Mellan röjningarna genomförs ytterligare besiktningar för att säkerställa att kantträd inte utgör en risk för elsäkerheten. Den röjda vegetationen lämnas generellt kvar.
- **Patrullstig** (transportväg) löper mellan stolpar och omfattar ett område tre meter runt varje stolpe. Patrullstigen ska bottenröjas från ris, buskar och träd både vid ordinarie röjning och vid röjningsbesiktning, normalt vart fjärde år. Här lämnas den röjda vegetationen inte kvar.
- Område med anpassad skötsel är områden där skötselåtgärder skiljer sig från den normala hanteringen på grund av ett högt biologiskt värde. Områdena identifieras med hjälp av biotopindikatorer och signalarter enligt Svenska kraftnäts riktlinjer. Införande av anpassad skötsel startade 2017, och 2024 hade alla identifierade och prioriterade områden fått minst en första omgång anpassad skötsel. (De områden i patrullstigarna som var först ut har nu fått anpassad skötsel två gånger.) Beroende på biotop kan anpassad skötsel inkludera åtgärder som att:
  - bredda patrullstigen
  - ta bort röjningsavfall
  - glesa ut enar
  - spara skyddszoner
  - bevara lågväxande buskar
  - gynna lågväxande buskar
  - undvika körskador

Inom områden med anpassad skötsel skilde vi mellan:

- Kraftledning med anpassad skötsel.
- Patrullstig med anpassad skötsel.

## Region

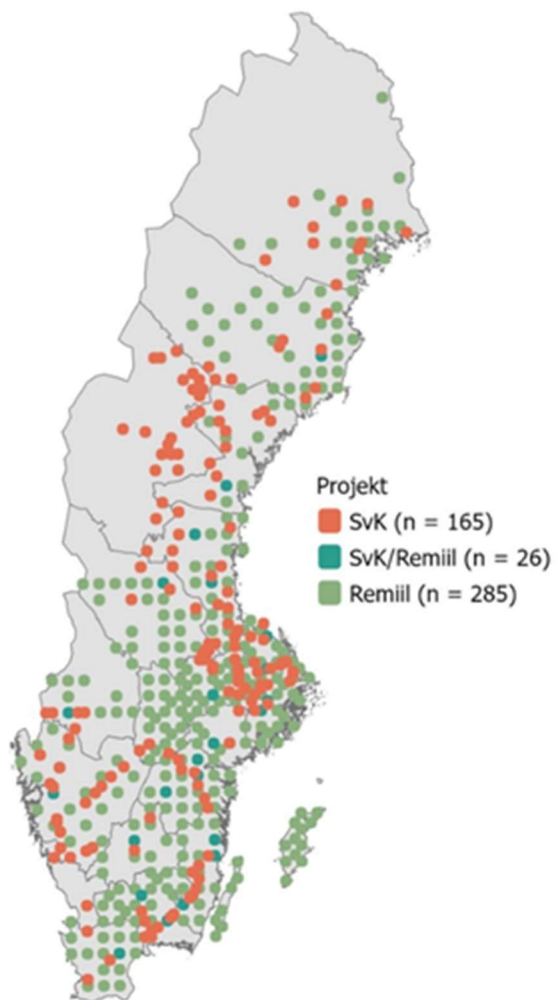
För att bättre kunna ta hänsyn till variation i landet klassificerades rutorna enligt landskapsstruktur och geografisk region enligt metoden som beskrivs i (Glimskär m.fl., 2009). Rutor delades in i 6 resulterande kategorier som visas i Figur 1.



*Figur 1. Karta av olika regioner som baserats på landskapsstruktur och geografisk region. Gränsen mellan Norra Sveriges inland och Norra Sveriges kustland motsvaras av Högsta kustlinjen. Gränsen mellan skogs-/mellanbygd och åkerdominerat landskap baseras på en klusteranalys med flera landskapsvariabler, men motsvarar ungefär en gräns vid 30 % åkermark av den totala arealen i ett landskap med storleken 5x5 km. Gränsen för mellan Norra Sverige, Mellansverige och Södra Sverige motsvaras av norra länsgränser för Västra Götaland och Östergötland samt södra länsgränser för Dalarna och Gävleborg.*

## Remiil

Regional miljöövervakning i landskapsrutor av gräsmarker (Remiil) startade 2009 i hela landet (Figur 2). Övervakningsprogrammet leds av Länsstyrelsen i Örebro i samverkan med flera andra länsstyrelser. SLU ansvarar för genomförandet av datainsamlingen samt för sammanställning och bearbetning av resultaten. Projektet omfattar både de artrikaste ängs- och betesmarkerna och andra typer av gräsmarker i jordbrukslandskapet, för att ge en heltäckande bild av gräsmarksbiotoper. Inom Remiil används samma metodik – inklusive flygbildstolkning, provytornas storlek, insamlade variabler och arturval – som i det aktuella projektet med Svenska kraftnät, vilket möjliggör direkt jämförbara data (se metodrapporten Lundin m.fl., 2016). Av de 311 rutorna med gräsmarker i Remiil-projektet överlappar 26 med rutorna i det aktuella projektet för kraftledningsgator.



Figur 2. Karta över Sverige som visar platser där provtytor har inventerats och data finns tillgängliga från antingen Remiils eller Svenska kraftnäts miljöövervakning av gräsmarker, eller båda. I legenden anges även antalet landskapsrutor (n) i varje kategori.

# Analys och resultat

## Arter och gräsmarksarter

### *Habitatidentitet, markanvändningshistorik och skötsel*

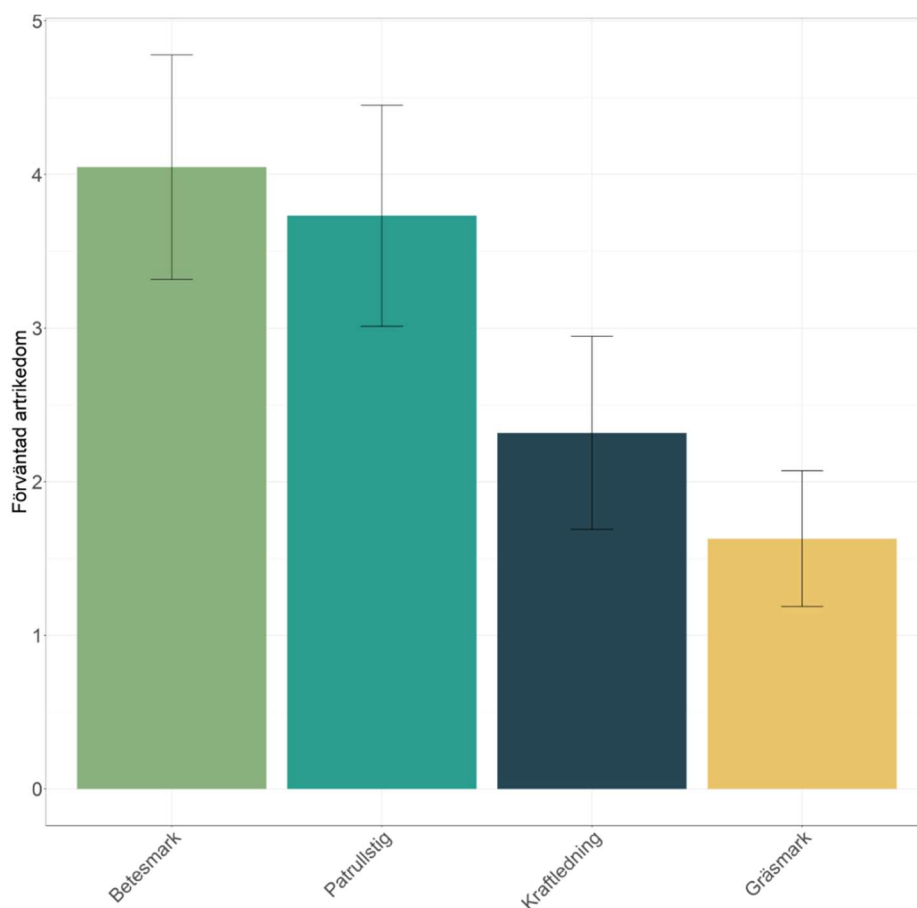
Vi observerade totalt 289 växt- och lavararter i gräsmarker inom de 1 294 besökta provytorna. Mer specifikt observerade vi 267 arter i kraftledningsgator, 219 arter i kraftledningsgator med anpassad skötsel, 194 arter i patrullstigar och 155 arter i patrullstigar med anpassad skötsel. Inom alla typer av skötsel var det *annan gräsmark* som hyser flest arter jämfört med andra markslag, men detta resultat kan bero på ett större stickprov (Figur 4 A). I gräsmarker i Remiil projekt hittade vi totalt 329 arter inom 2 519 provytor, och *bete/slåtter* var det markslag som hade högst biologisk mångfald (Figur 4 A). Därför observerade vi en relativt likartad mängd arter i kraftledningsgator och gräsmarker. Liknande trender observerades när vi räknade genomsnittligt antal arter per provytor i olika skötseltyper och markslag (Tabell 1).

Totalt hittade vi 89 gräsmarksspecialister i gräsmarksprovytor i Remiil, och av dessa återfanns 73 även bland provytor i kraftledningsgator. Exakt samma trender som för det totala antalet arter observerades för gräsmarksarter bland markslag och skötseltyper. Provytor inom skötseltypen "kraftledningsgator" och markslaget "annan gräsmark" uppvisade den högsta förekomsten av gräsmarksspecialister (Figur 4 B, Tabell 1).

Vi utvärderade effekten av skötselmetoder på gräsmarksspecialistarter i kraftledningsgator, jämfört med andra typer av gräsmarker. För detta ändamål användes en delmängd av data som endast inkluderade kraftledningsgator som ligger i samma landskap där gräsmarker övervakas som en del av Remiil-övervakningsprogrammet (Figur 2). Anledningen till att vi använde denna delmängd var att vi ville få en tydligare och mer robust signal av skötselns effekt, vilken skulle kunna jämföras med de mönster som identifierades i den övergripande analysen och de tidigare presenterade ackumuleringskurvorna för arter.

Vi använde generaliserade linjära mixade modeller (GLMM) för att bedöma effekten av skötsel, där skötseltyp var en fix faktor och landskapsidentitet ingick som en slumpfaktor för att ta hänsyn till variation mellan olika platser.

Här delas skötseln upp mellan två habitattyper: kraftledningsgator och gräsmarker (från Remiil). Dessa habitat delas vidare in i två kategorier. Kraftledningsgator delas in i kraftledning och patrullstigar, där patrullstigarna representerar en mer intensiv skötseltyp som efterliknar betning. Gräsmarker delas in i betesmarker och annan gräsmark. "Betesmarker" är de betade semi-naturliga gräsmarkerna, medan "annan gräsmark" inkluderar de gräsmarker som, även om de är permanenta, förekommer på jordbruksfält och mer liknar tillfälliga gräsmarker (vallar) genom att ha ett fattigare växtsamhälle och lågt antal av gräsmarksspecialistarter.



Figur 3. Förväntad artrikedom ( $\pm$  standardfel) i fyra olika skötselstyper: betesmark, patrullstig, kraftledning och annan gräsmark. Staplarna visar medelantalet arter per plats för respektive skötselstyp. Felstaplarna representerar standardfelet för medelvärdet.

Patrullstigar och betesmarker visade liknande nivåer för artrikedom av gräsmarksspecialister (betesmarker =  $4.05 \pm 0.72$ ; patrullstigar =  $3.7 \pm 0.72$ ), och båda stödde högre rikedom än andra typer av kraftledningsgator ( $2.31 \pm 0.63$ ) och gräsmarker på åkermark ( $1.63 \pm 0.44$ ) (Figur 3). Dessa resultat tyder på att välskötta patrullstigar inom kraftledningsgator kan stödja gräsmarksspecialisters mångfald, vilket är jämförbart med betade betesmarker.

Genom att fokusera på kraftledningsgator som är belägna i samma landskap som de övervakade gräsmarkerna, minskar vi den störande effekten av det bredare landskapssammanhanget. Till exempel är artrikedom vanligtvis lägre i skogsdominerade landskap jämfört med gräsmarksdominerade landskap—detta gäller inte bara för kraftledningsgator utan även för gräsmarkerna själva. För att isolera effekten av skötsel är det därför avgörande att jämföra kraftledningsgator och gräsmarker inom samma landskapssammanhang. Genom att inkludera landskaps-ID som en slumpfaktor i våra modeller hjälper vi till att kontrollera för denna landskapseffekt, vilket gör att vi kan lägga större vikt vid skillnader som kan hänföras till skötselmetoder snarare än bakgrundsvariation mellan landskap.

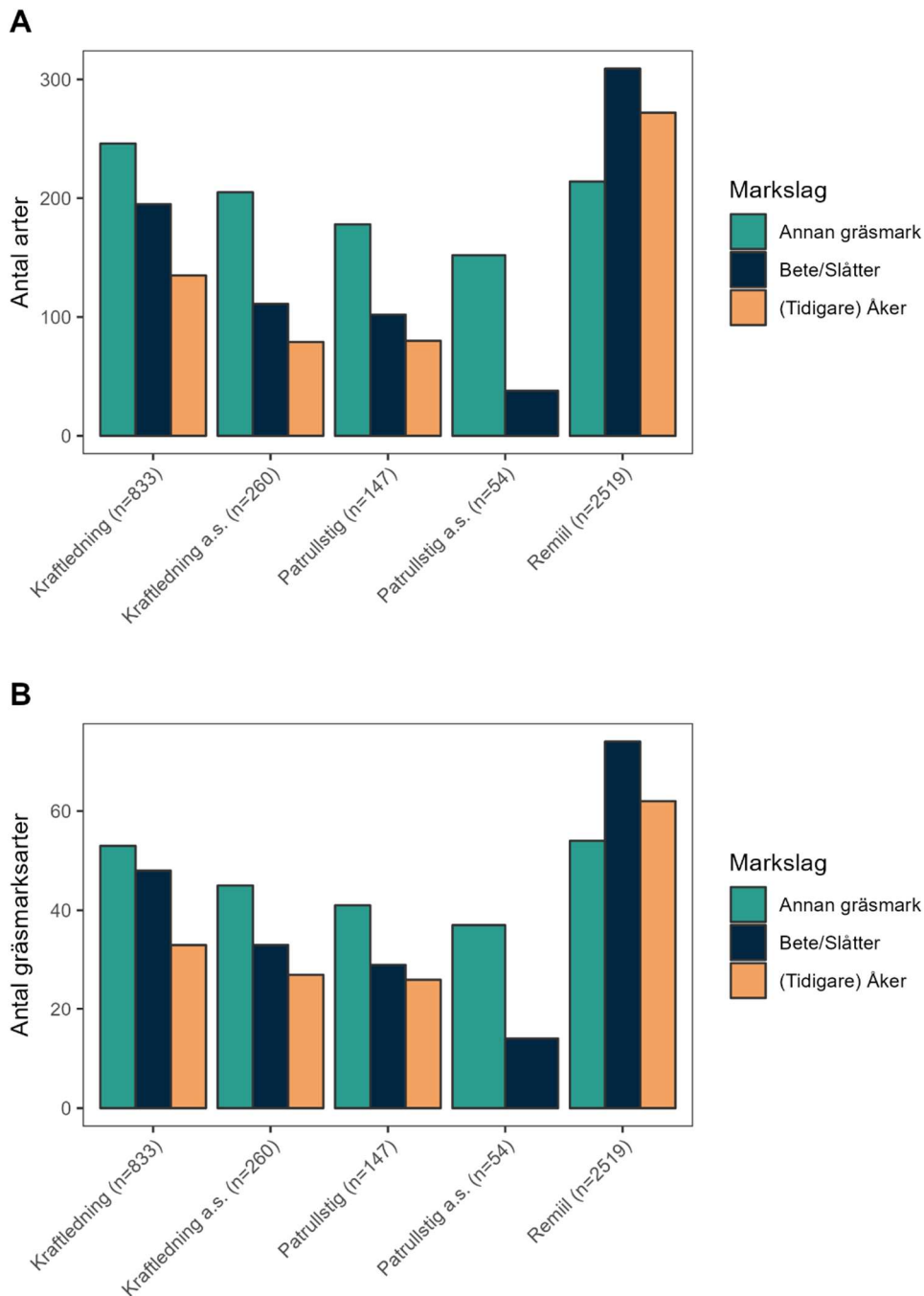
Bland de arter som ingick i studien fick vi information om förekomsten av fem invasiva växtarter enligt ArtDatabanken (*Risklista 2024 - Artfakta från SLU Art databanken*, u.å.): jättebalsamin, jätteloka, blomsterlupin, kanadensiskt gullris och parkslide. Deras förekomst var överlag mycket låg (0,5 % av alla provtytor) och begränsades till ytor inom kraftledningsgator. Invasiva arter hittades

däremot i 1,2 % av gräsmarksprovytorna (Figur 5 A). Vi kunde därför konstatera att kraftledningsgator inte verkar fungera som spridningskorridorer för de övervakade invasiva växtarterna.

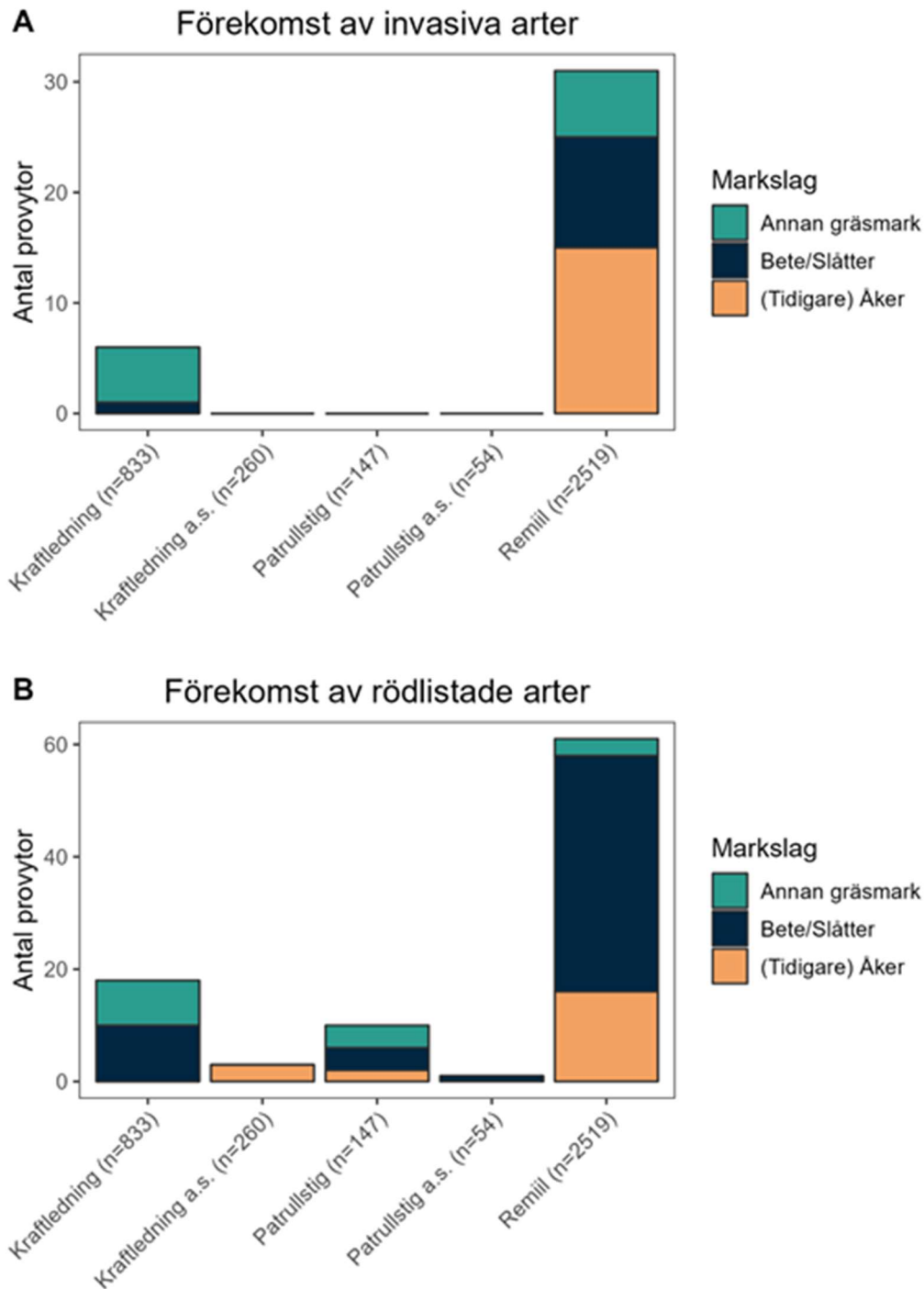
På samma sätt kunde vi få data för tjugofem rödlistade växtarter enligt ArtDatabanken (*Rödlistning / Externwebben*, u.å.). En lista över förekommande arter återfinns i figurtexten till Figur 5, nedan. Rödlistade arter påträffades i 2,5 % av provytorna inom kraftledningsgator, både i kraftledningsgator och i patrullstigar. Intressant nog visade provytor i områden med särskild skötsel inte någon högre förekomst av rödlistade arter jämfört med områden med standardmässig skötsel, men det är möjligt att det låga antalet områden med anpassad skötsel har en effekt på detta resultat. Andelen provytor med rödlistade arter i gräsmarksprovytor var identisk (2,5 %, Figur 5 B). Resultaten indikerar att gräsmarker och kraftledningsgator verkar bidra i lika hög grad till bevarandet av rödlistade arter.

Tabell 1. Medelantal ( $\pm$  standardavvikelse) arter och gräsmarksarter per provyta vid olika skötsel och markslag i kraftledningsgator (Svenska kraftnäts projekt) och vid olika markslag i gräsmarker (Remiil).

Projekt	Faktor		Arter per provyta (medelvärde $\pm$ standardavvikelse)	Gräsmarksarter per provyta (medelvärde $\pm$ standardavvikelse)
Svenska Kraftnät	Skötsel	Kraftledning	13,20 $\pm$ 5,66	3,34 $\pm$ 3,03
		Kraftledning a.s.	15,9 $\pm$ 7,04	4,75 $\pm$ 3,88
		Patrullstig	16,30 $\pm$ 5,52	5,27 $\pm$ 3,06
		Patrullstig a.s.	18,7 $\pm$ 8,04	6,24 $\pm$ 4,59
	Markslag	Annan gräsmark	14,1 $\pm$ 6,34	3,47 $\pm$ 3,21
		Bete/slätter	16,1 $\pm$ 5,89	5,65 $\pm$ 3,55
		Åkermark/tidigare åkermark	12,9 $\pm$ 5,84	4,29 $\pm$ 3,43
Remiil	Markslag	Annan gräsmark	15,2 $\pm$ 7,91	3,84 $\pm$ 3,27
		Bete/slätter	17,6 $\pm$ 7,91	5,91 $\pm$ 4,50
		Åkermark/tidigare åkermark	13,1 $\pm$ 5,72	3,62 $\pm$ 2,81



Figur 4. (A) Totalt antal växt- och lavararter och (B) antal gräsmarksarter observerade i provytor med 3 m radie med olika skötsel (kraftledningsgator, kraftledningsgator med anpassad skötsel (a.s.), patrullstigar och patrullstigar med anpassad skötsel (a.s.) och markslag (annan gräsmark, bete/slätter, åkermark/tidigare åkermark). Det totala antalet besökta provytor per skötseltyp anges som n (inom parentes).



Figur 5. Totalt antal provytor med 3 m radie med olika skötsel (kraftledningsgator, kraftledningsgator med anpassad skötsel (a.s.), patrullstigar och patrullstigar med anpassad skötsel (a.s.)) och marks lag (annan gräsmark, bete/slätter, åkermark/tidigare åkermark) med A) invasiva växtarter (jättebalsamin, jätteloka, blomsterlupin, kanadensiskt gullris och parkslide), och med B) rödlistade växtarter (alvarfibbla, axveronika, backklöver, backtimjan, borsttåg, dvärgkämpar, flentimotej, granspira, jordtistel, kalkbräken, klasefibbla, klipplök, klätt, klockgentiana, majviva, riddarsporre, slätterfibbla, slättergubbe, solvända, sommarfibbla, svinrot, toppjungfrulin, ängsskära, åkerkulla). Det totala antalet besökta provytor per skötseltyp anges som n (inom parentes).

## *Landskapets kontext: Region*

Vi jämförde den regionala artrikedomen i Svenska kraftnäts (SvK) kraftledningsgator (KLG) med två av de vanligaste gräsmarksmarkslag i Remiils gräsmarksinventering: **åkermark/tidigare åkermark** och **betes-/slåttermark**. Målet var att undersöka regionala mönster i artrikedom (gräsmarksarter) baserat på det genomsnittliga antalet arter i 3 meters provytor (lokal diversitet i olika miljöer, uppdelat per region), samt det totala ackumulerade antalet arter i varje region (artpoolen för olika miljöer och regioner).

Variation i artsammansättning mellan provytor (beta-diversitet) diskuteras utifrån lokal artrikedom, artackumuleringskurvor och artpoolens storlek. Ett ytterligare mål var att undersöka hur många gräsmarksarter som var gemensamma respektive unika för provytorerna från KLG-inventeringen och gräsmarkerna i Remiils inventering. På grund av indelningen i sex regioner, och för att inte få alltför lite data i varje klass, så minimerade vi antalet ytterligare uppdelningar i data genom att betrakta alla provytor från SvK:s undersökning som en grupp, samt att enbart inkludera de två vanligaste gräsmarksmarkslagen i Remiils inventering (sett över hela landet): **åkermark/tidigare åkermark** och **betes-/slåttermark**. Dessutom inkluderades endast gräsmarksarter, eftersom denna delstudie fokuserar på att undersöka mönster i den regionala artrikedomen i kraftledningsgator jämfört med vanliga gräsmarkstyper i Sverige.

Det genomsnittliga antalet arter per provyta beräknades med en generaliserad linjär mixad modell (GLMM), som tar hänsyn till gruppering av data, till exempel inom olika landskapsrutor. Artackumuleringskurvor togs fram med en statistisk metod som slumpmässigt väljer ut olika provytor, från  $n = 1$  upp till det totala antalet provytor. Det genomsnittliga antalet nya arter som observeras vid varje ökning i antal provytor ackumuleras längs x-axeln tills kurvan når en nivå där inga ytterligare arter noteras.

Artackumuleringskurvor är användbara eftersom man grafiskt kan se:

- (i) om kurvorna planar ut eller fortfarande ökar (d.v.s. om nya arter sannolikt skulle hittas vid ytterligare provytor),
- (ii) hur snabbt nya arter upptäcks (kurvans lutning), vilket ger en indikation på bland annat beta-diversitet (en brant lutning tyder bland annat på hög variation i artsammansättning mellan provytor), samt
- (iii) om det är rimligt att jämföra total artrikedom mellan olika markanvändningar eller miljöer (d.v.s. om provtagningen har varit tillräcklig för att artkurvorna ska plana ut).

Vi använde även en bootstrap-baserad metod för att estimerar det totala antalet arter som förväntas i varje miljötyp – alltså det antal arter som förväntas hittas om provtagningen utökas tills inga nya arter längre upptäcks (den teoretiska platån i artackumuleringskurvan). Slutligen genomfördes en analys av antalet gemensamma och unika arter i provytor från SvK:s respektive Remiils inventeringar.

Figur 6, Figur 7 och Figur 8 visar stor variation i de regionala mönstren för artrikedom i SVK:s kraftledningsgator (KLG) och i Remiils gräsmarker. Bilden är komplex: KLG uppvisar i vissa regioner högre, i andra jämförbar eller lägre artrikedom jämfört med betes- och slåttermarker (naturbetesmarker) samt gräsmark på åkermark. Det finns tydliga skillnader i genomsnittliga artrikedomen per provyta (Figur 6). I södra och mellersta Sveriges åkerdominerade landskap är artrikedomen i KLG och betes-/slåttermarker jämförbar. I skogs- och mellanbygderna i samma regioner har däremot betes-/slåttermarker i genomsnitt högre artrikedom än KLG. I norra Sverige är det genomsnittliga antalet arter per provyta lägst i KLG jämfört med de två gräsmarkstyperna. Generellt är artrikedomen av gräsmarksarter högre i södra än i norra Sverige, vilket överensstämmer med den övergripande biogeografiska gradienten i landet.

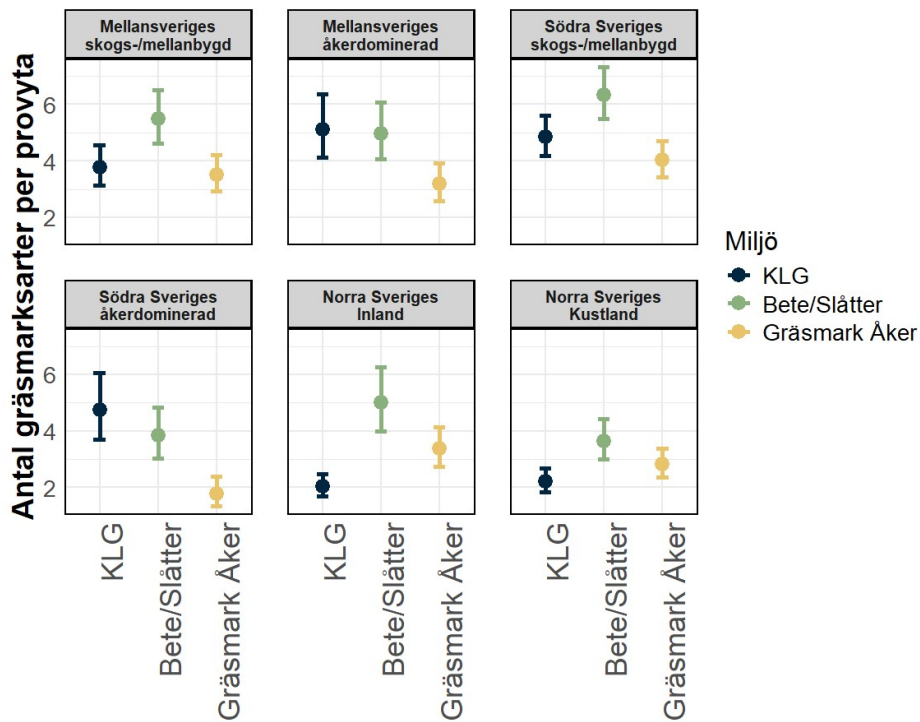
När vi däremot tittar på uppskattningar av total artrikedom (baserat på artackumuleringskurvor och bootstrap-estimat) är skillnaderna mellan KLG och gräsmarkerna mindre påtagliga i norra Sverige. Det tyder på att det totala antalet arter som hittas i dessa miljöer är ungefär lika stort. Överlag framstår de regionala mönstren för total artrikedom som relativt likartade mellan miljötyperna i de flesta regioner (Figur 7 och Figur 8). Ett tydligt undantag är södra Sveriges åkerdominerade landskap, där betes- och slåttermarker uppvisar en markant högre total artrikedom än KLG.

Tabell 2 visar att KLG-ytorna och betes-/slåtterytorna hade 61 gräsmarksarter gemensamt. KLG hade dessutom 5 unika arter som inte påträffades i betes-/slåtterytorna. Jämfört med gräsmark på åker hade KLG 13 unika arter.

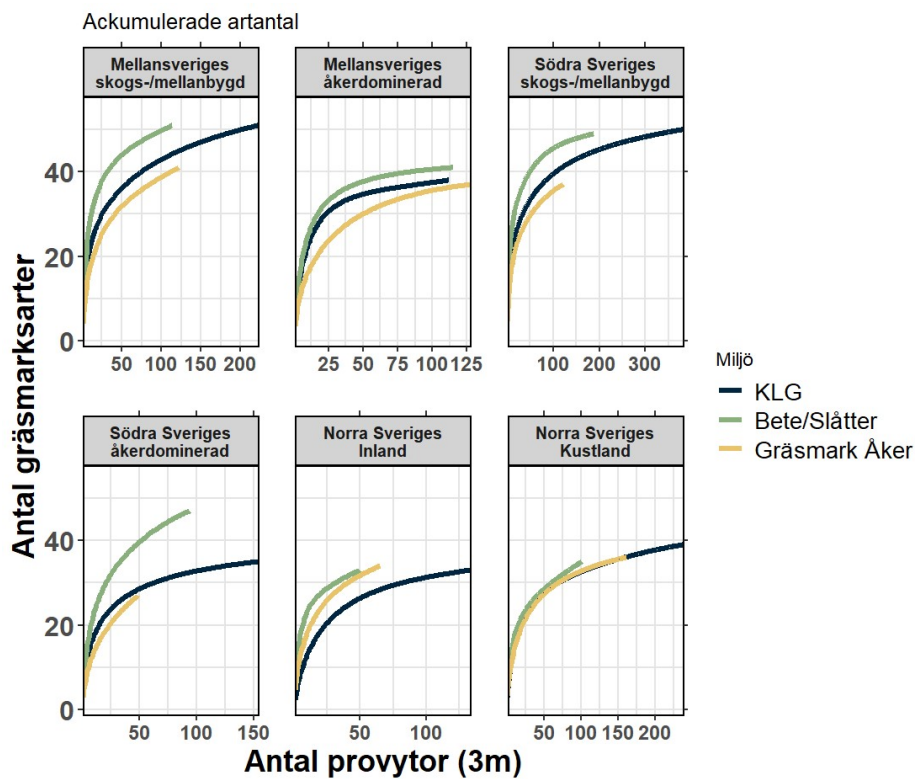
Tabell 2. Medelantal ( $\pm$  standardavvikelse) arter och gräsmarksarter per provyta vid olika skötsel och markslag i kraftledningsgator

Habitat 1	Habitat 2	Gemensamma arter	Unika arter habitat 1	Unika arter habitat 2
KLG	Betes-/slåttermark	61	5	7
KLG	Gräsmark på åkermark	53	13	3
Betes-/slåttermark	Gräsmark på åkermark	53	15	3

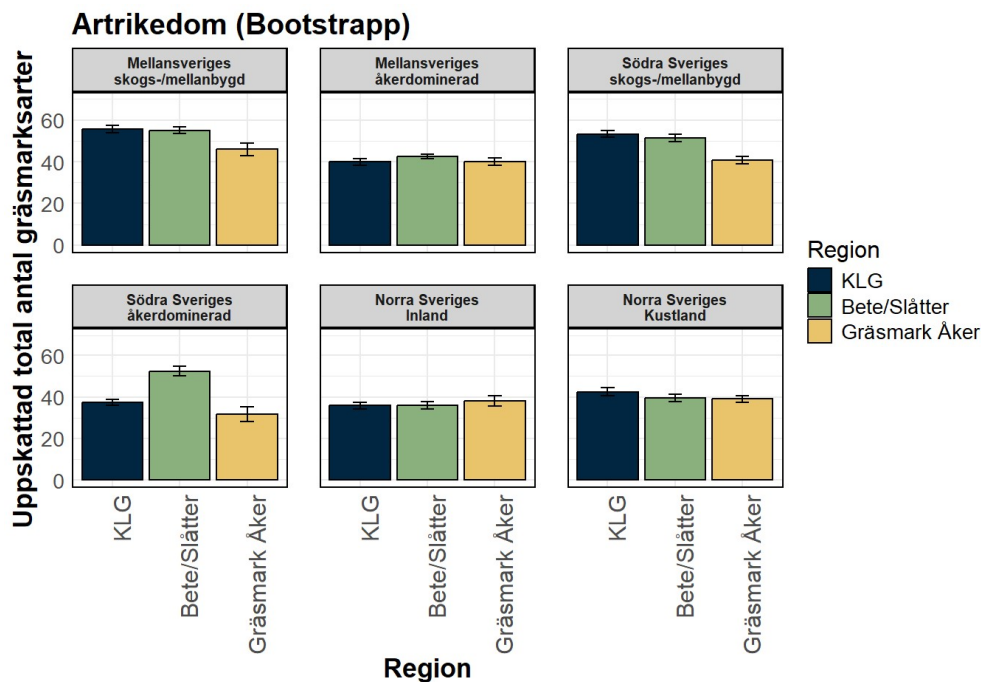
Resultaten visar att den lokala artrikedomen i kraftledningsgator i vissa regioner är jämförbar med, eller ibland lägre än, den i traditionella gräsmarker, särskilt i skogs- och mellanbygder samt i norra Sverige. Den totala artrikedomen är dock ofta likartad mellan miljötyperna, vilket tyder på att kraftledningsgator kan hysa en likvärdig artpool som gräsmarker i flera landskap. Betes- och slåttermarker i södra Sveriges åkerlandskap utmärker sig som särskilt artrika.



Figur 6. Regionala uppskattningar av lokal (alfa) artrikedom, presenterat som det genomsnittliga antalet arter som noterades i provytor från kraftledningsgator samt två markanvändningstyper från Remiils gräsmarksinventering (betes- och slättermarker samt gräsmark på åkermark). Estimaten och felmarginalerna är baserade på en generaliserad linjär mixad modell.



Figur 7. Artackumuleringskurvor uppdelade efter region, kraftledningsgator och två markanvändningstyper från Remiils gräsmarksinventering (betes- och slättermarker samt gräsmark på åkermark).



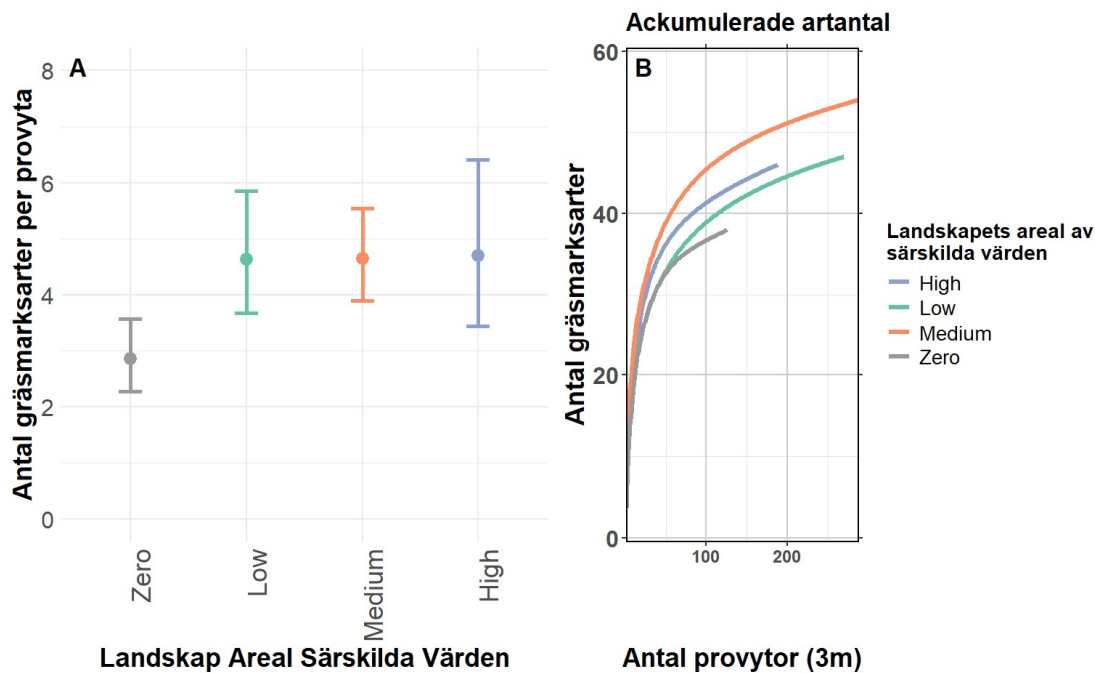
Figur 8. Regionala estimat för totalt antal arter (artpoolen) för kraftledningsgator samt två markanvändningstyper från Remiil gräsmarksinventering (betes-/slättermarker och gräsmark på åkermark). Artpoolens antal arter erhålls med bootstrap-metoden och speglar hur många arter som bör hittas om flera provytor inventeras så att inga fler arter upptäckts (d.v.s hur många arter som kan hittas när artackumuleringskurvorna planar ut.

### Landskapets kontext: Omgivande gräsmarker

Vi undersökte om artrikedomen i kraftledningsgator provytorna skilde sig i landskap med varierande mängd betesmarker med miljöersättningar för särskilda värden (Figur 9). Vi delade alla landskapsrutor i fyra kategorier beroende på arealen gräsmarker med miljöersättning för särskilda värden. Antalet KLG-provytor (n) beräknades för en indelning fyra i landskapstypskategorier (Figur 9) baserat på arealen av gräsmarker med miljöersättning för särskilda värden:

- "zero" (0 ha): n = 126
- "low" (0,1-5 ha): n = 270
- "medium" (5-20 ha): n = 288
- "high" (>20 ha): n = 188.

För dessa analyser (Figur 9) undersöktes enbart data från södra Sverige då naturbetesmarker med särskilda värden är ovanligare norrut och en stor andel av landskapen hamnade i kategorin "Zero".



Figur 9. A) Uppskattningar av lokal (alfa) artrikedom, presenterat som det genomsnittliga antalet arter som noterades i provytor från kraftledningsgator i landskap (3 km x 3 km) med olika areal av betesmarker med miljöersättning för särskilda värden. Estimatet och felmarginalerna är baserade på en generaliserad linjär mixad modell. B) Artackumuleringskurvor uppdelade efter landskap med olika areal av betesmarker med miljöersättning för särskilda värden.

Vi utvärderade hur avståndet till mängden gräsmark eller betesmark, eller alternativt avståndet till dessa livsmiljöer, påverkar mångfalden av gräsmarksväxter i kraftledningsgator. Vår hypotes var att kraftledningsgator belägna i landskap med hög andel gräsmarker eller kraftledningsgator nära gräsmarker har en högre total artmångfald och ett större antal gräsmarksspecialister, och att denna mångfald minskar med ökande avstånd från gräsmarker. Vi undersökte också om dessa avståndseffekter ändras med jordtyp och om de skiljer sig mellan den totala växtfloran och gräsmarksarter enbart.

Vi använde fältdata om förekomst av växtarter insamlade från kraftledningsgator, tillsammans med mängden gräsmark med miljöersättning för särskilda värden inom varje landskapsruta med storleken 3x3 km. Varje landskap klassificerades som noll (inga gräsmarker i landskapet), låg, medel och hög. Dessutom mätte vi närheten för varje provtagningspunkt i kraftledningsgator till närmaste gräsmark enligt TUVA-databasen och närmaste betesmark enligt Jordbruksverkets blockdatabas. Artmångfald definieras som antalet unika växtarter registrerade per provyta.

För att uppskatta det totala antalet förväntade arter vid olika mängder gräsmark i landskapet använde vi artackumuleringskurvor i kombination med bootstrap-baserade metoder (se avsnittet ovan). Vi använde generaliserade linjära mixade modeller (GLMM) för att utvärdera effekten av skötsel på växtartsmångfald. Skötseltyp inkluderades som fast effekt i modellerna, medan landskapsidentitet inkluderades som slumpmässig effekt för att ta hänsyn till variation mellan olika undersökningsområden.

Separata modeller användes för att utvärdera:

- Hur växtartsmångfalden i kraftledningsgator påverkas av mängden gräsmark i landskapet.
- Hur växtartsmångfalden i olika kraftledningsgator och skötselregimer förändras med ökande avstånd till närmaste gräsmark.
- Hur växtartsmångfalden i olika kraftledningsgator och skötselregimer förändras med ökande avstånd till närmaste TUVA-gräsmark.
- Hur växtartsmångfald (total och för gräsmarksindikatorarter) i kraftledningsgator förändras med ökande avstånd till närmaste gräsmark, beroende på marktyp.

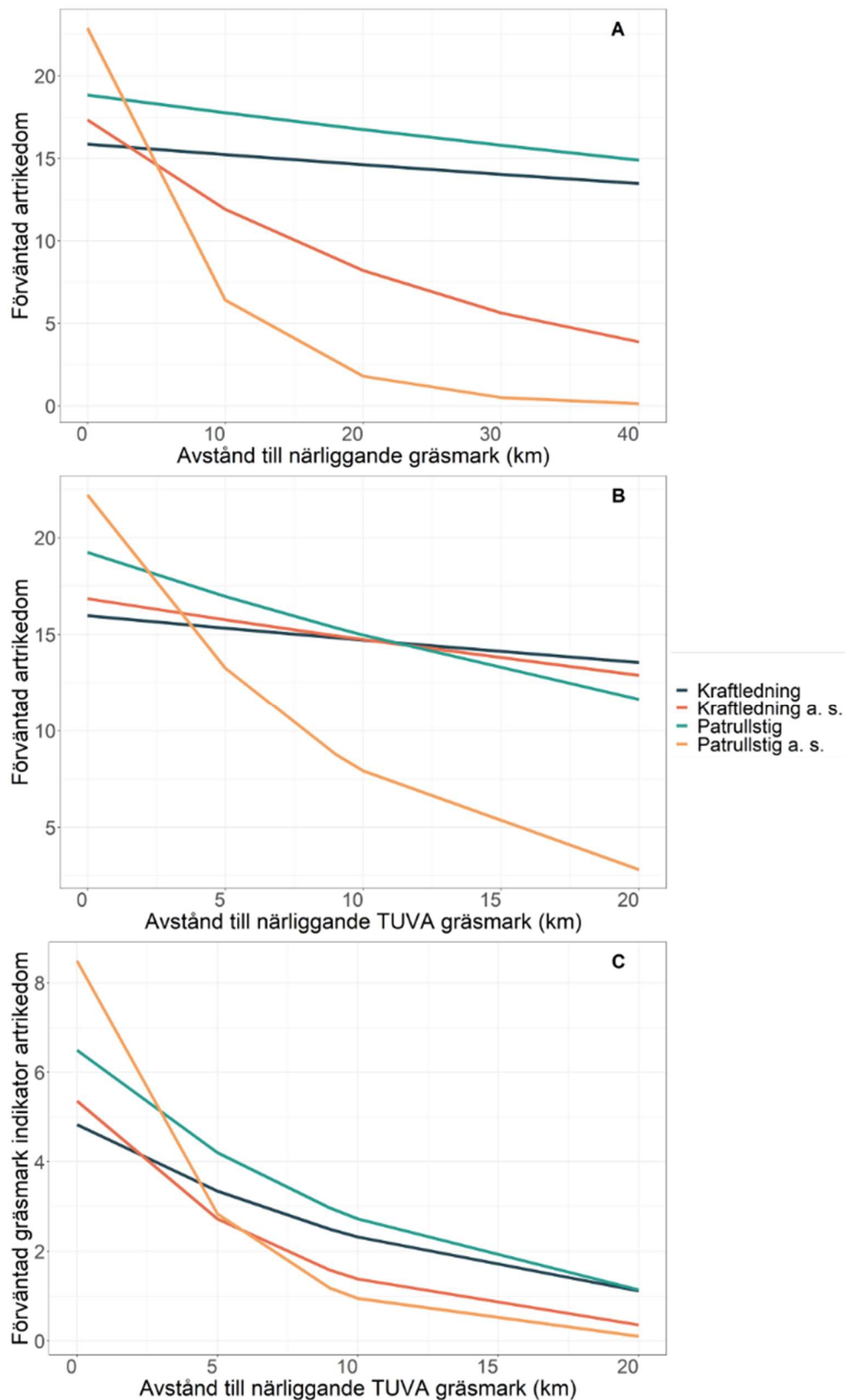
Vi körde alternativa modeller där hälften baserades på total växtartsmångfald och hälften enbart på mångfald av gräsmarksspecialister.

Växtartsmångfalden i kraftledningsgator minskade med ökande avstånd till närmaste gräsmark. Med andra ord har kraftledningsgator som ligger närmare gräsmarker större sannolikhet att hysa en hög växtdiversitet, medan de som är belägna i skogsdominerade landskap tenderar att ha en lägre artmångfald. Detta mönster var tydligt både när vi inkluderade samtliga växtarter och när vi enbart fokuserade på gräsmarksspecialister. Däremot varierade styrkan i sambandet beroende på skötseltyp och omgivande marktyp.

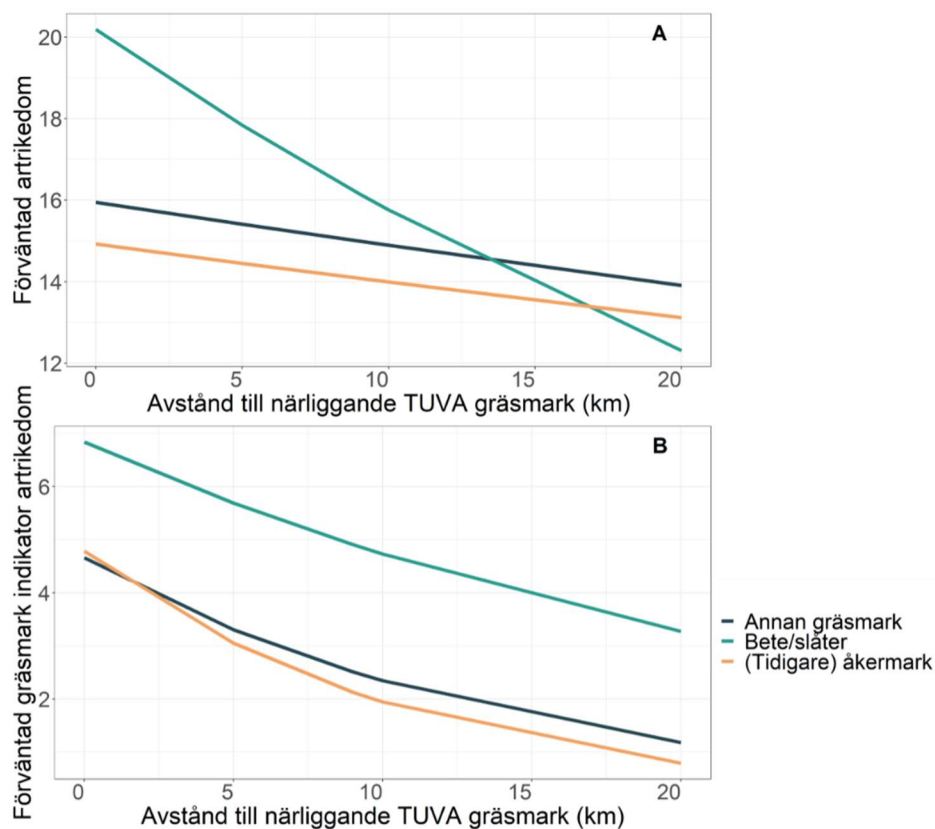
Bland de olika typerna av kraftledningsgator uppvisade patrullstigar i närheten av gräsmarker konsekvent den högsta artmångfalden, särskilt när de förvaltades med anpassad skötsel (Figur 10). I dessa områden minskade artmångfalden snabbare med ökande avstånd till gräsmarker jämfört med kraftledningsgator som förvaltades enligt standardrutiner (Figur 10 A och B). Detta tyder på att anpassad skötsel är mest effektiv i kraftledningsgator som ligger nära andra semi-naturliga gräsmarker, men kan vara mindre effektiv i mer isolerade ledningsgator. Men eftersom den totala arealen av anpassad skötsel är låg och den är ganska ny (även för patrullstigar med anpassad skötsel) och att de utvalda områdena för anpassad skötsel valdes just för att de ansågs vara artrika, är det lite svårt att separera dessa effekter, och endast långtidsdatainsamling kan hjälpa till att reda ut vad som är orsak och verkan för dessa effekter.

När vi betraktade den totala artmångfalden uppvisade kraftledningsgator i gräsmarkdominerade landskap den högsta artmängden nära andra gräsmarker, men också den brantaste minskningen i artmångfald med ökande avstånd (Figur 11 A). För gräsmarksspecialister visade kraftledningsgator som låg i betesmarker den högsta mångfalden nära andra gräsmarker, men minskningstakten med avstånd var likartad mellan alla typer av markslag (Figur 11 B).

Dessa resultat tyder på att även när kraftledningsgator förekommer i övrigt lämpliga miljöer, såsom skötta eller betade gräsmarker, så ökar deras biodiversitetsvärde i närhet till andra gräsmarksytor.



Figur 10. Sambandet mellan förväntad artrikedom och avstånd till närliggande gräsmark. Panel A–B visar total artrikedom, och panel C visar indikatorartrikedom för gräsmarker. I A visas avstånd till konventionell gräsmark, och i B–C till TUV-gräsmark. Linjerna visar förändringar i medelantal arter i förhållande till avstånd (i kilometer). Fyra olika typer av skötsel visas: kraftledningsgator och patrullstigar, vardera med antingen konventionell eller anpassad skötsel.

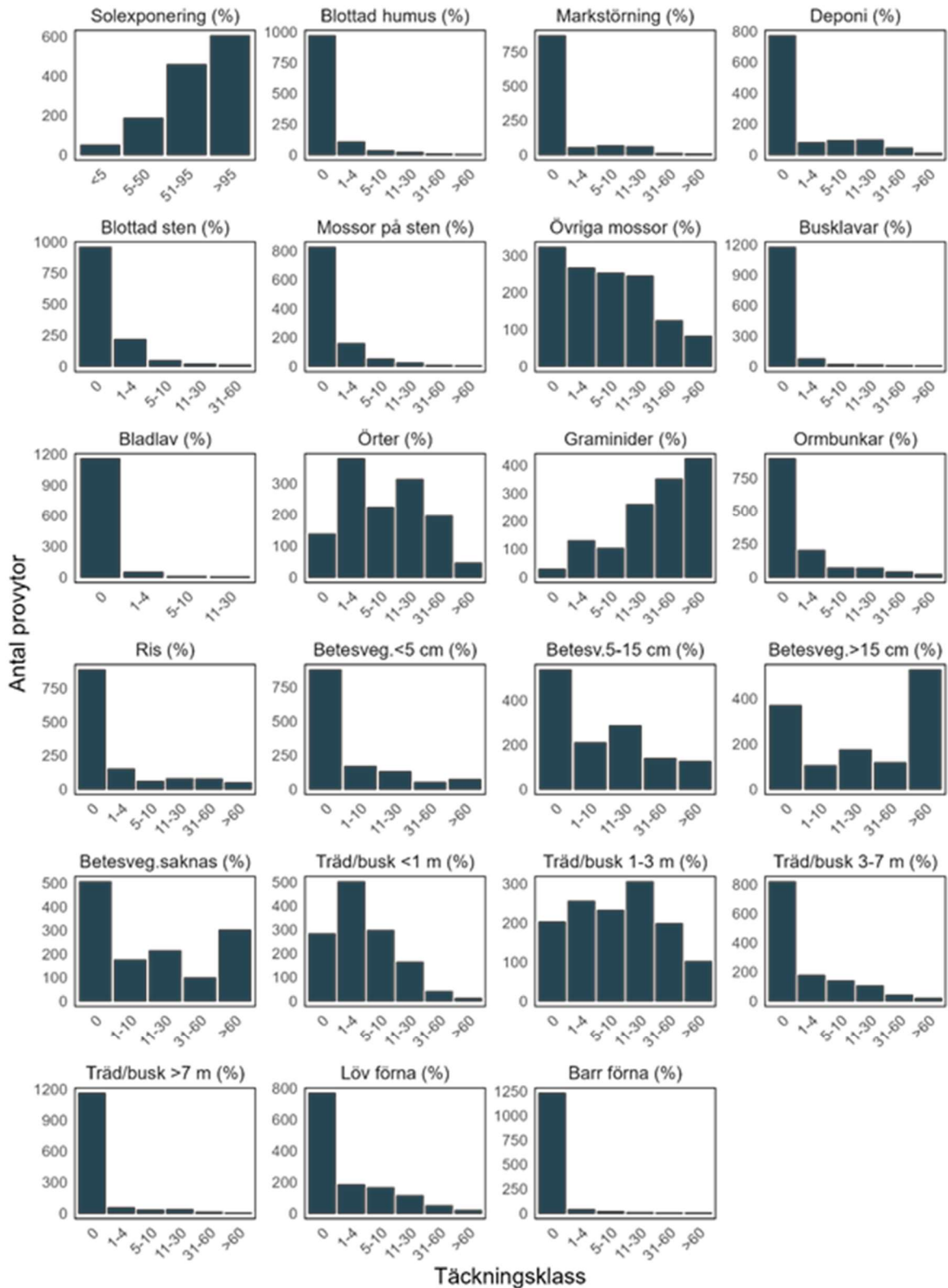


Figur 11. Sambandet mellan förväntad artrikedom och avstånd till näraliggande TUVA-gräsmark. Panel A visar total artrikedom, och panel B visar indikatorartrikedom för gräsmarker. Linjerna visar förändringar i medelantal arter i förhållande till avstånd (i kilometer) för tre olika marktyper: annan gräsmark, betes-/slåttermark och åkermark/tidigare åkermark.

## Kopplingen mellan miljöegenskaper och arter

### Miljöegenskaper

Totalt sett observerade vi en stor variation i miljöegenskaper mellan provytor i fält, som visas i Figur 12. Observera att det inte görs någon åtskillnad mellan skötsel eller markslag i figuren, för enkelhetens skull. Vissa variabler visade sig vara relativt homogena med täckning runt 0 % (t.ex. täckning av busklavar och barrförna), medan majoriteten av variablerna uppvisade en stor variation i täckningsgrad. Detta innebär dels att vegetationens struktur i kraftledningsgator är heterogen, dels att de insamlade variablerna kan användas i statistiska analyser för att belysa skillnader mellan olika typer av vegetation tack vare att de täcker in en stor del av variationen.



Figur 12. Frekvensen av täckningsklasser (antal provytor) för insamlade variabler i fält inom provytor med 3 meters radie, fördelat på mängdklasser. För en förklaring av variablerna, se (Glimskär m.fl., 2015).

## Markanvändningshistorik, skötsel och landskapets kontext

Vi undersökte om artsammansättningen skiljde sig mellan skötsel, regioner och markslag, och vilka miljöegenskaper kan förklara dessa variationen. Detta är viktigt att förstå för att se vilka skötseltyper som är mest effektiva och vilka områden som är mest lovande för att forma kraftledningsgator som gräsmarkshabitat.

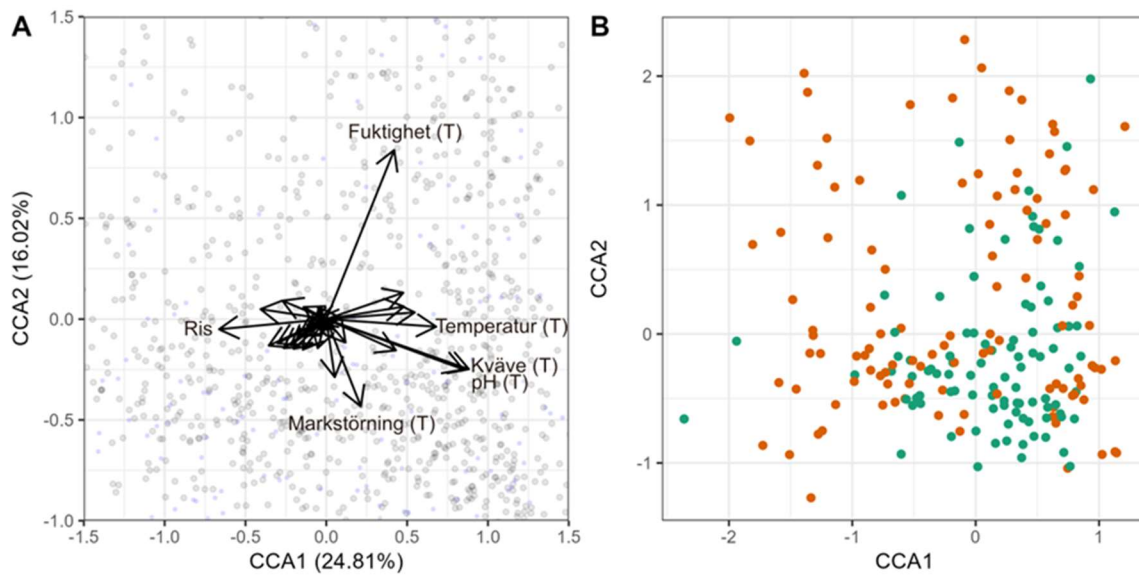
Analysen genomfördes med hjälp av den multivariata analysmetoden Canonical Correspondence Analysis (CCA) i R package *vegan* (version 2.6-4 Oksanen m.fl., 2025). För en översikt av metoden, se faktarutan, nedan. Jämfört med andra multivariata metoder har CCA flera fördelar. För det första kombinerar den art- och miljödata samtidigt som den är robust mot snedvridningar i artfördelningen och multikollinearitet, d.v.s även starkt korrelerade variabler kan inkluderas. För det andra, till skillnad från indirekta ordinationsmetoder, där art-miljö-relationer enbart härleds från samförekomstmönster, använder CCA direkt ordination, vilket gör det möjligt för arter som delar liknande ekologiska nischer men inte nödvändigtvis samförekommer att placeras korrekt nära varandra längs relevanta miljögradienter (C. J. F. ter Braak & Verdonschot, 1995). För det tredje antar CCA ett unimodalt – d.v.s, toppformat med högsta värdet i mitten – förhållande mellan arter och miljögradienter snarare än ett linjärt förhållande (C. J. Ter Braak, 1986). Med tanke på den breda latitudinella och miljömässiga spännvidden för våra provtagningsplatser förväntade vi oss att arter skulle uppvisa ett mellanliggande optimum längs miljögradienter.

Totalt inkluderades data från 1 297 provytor. Endast arter med minst 5 observationer inkluderades i analysen för att undvika snedvridning av resultaten på grund av sällsynta arter. Totalt användes 205 arter. De miljövariabler som ingick bestod av 23 direkt uppmätta fältvariabler (se Figur 12 **Fel! Hittar inte referensskälla.**) samt 8 variabler beräknade i efterhand baserat på artförekomst. Dessa var genomsnittliga Tyler-värden för pH, kväve, temperatur, ljus, fuktighet, kontinentalitet, bete-/slätterpåverkan och markstörning. Tyler-värden är ekologiska indikatorvärden för svenska kärlväxter, där varje art tilldelas ett numeriskt värde utifrån sina ekologiska preferenser (Tyler m.fl., 2021). Till exempel anges ljuspreferens på en skala från 1 till 9, där 1 avser arter som endast klarar skuggiga miljöer, och 9 avser arter som kräver full solexponering. För varje provyta beräknades ett genomsnittligt värde för utvalda Tyler-index baserat på alla förekommande arter.

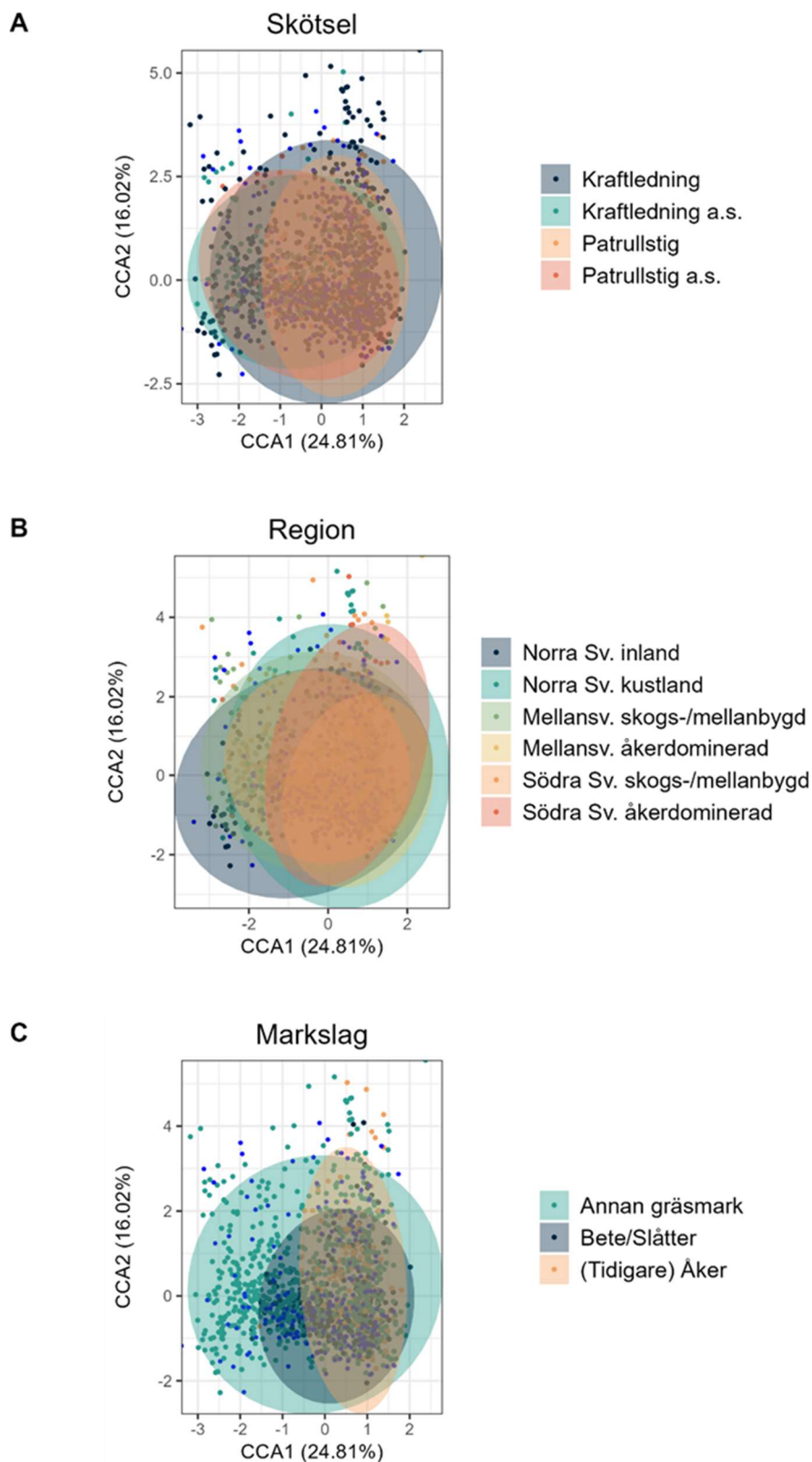
Resultaten visas i Figur 13 och Figur 14. De miljövariabler som var mest relaterade till den första kanoniska axeln (CCA1), och därmed förklarade mest variation, var täckningsgrad av ris (associationspoäng = -0,66), samt genomsnittliga Tyler-värden för pH (+0,88), kväve (+0,85) och temperatur (+0,67). De variabler som var starkast relaterade till den andra axeln (CCA2) var istället Tyler-värdet för fuktighet (+0,84) och markstörning (-0,43) (Figur 13 A). Det betyder att provytor till vänster var associerade med hög ristäckning samt lågt pH, låg kvävehalt (gödsling) och låg temperatur, medan provytor högst upp var associerade med hög fuktighet och frånvaro av trampstörning.

Majoriteten av arterna var grupperade tillsammans (nedre högra hörnet av biplotten, Figur 13 B), vilket betyder att de verkade förekomma i miljöer med liknande egenskaper. Dessa arter var för det mesta gräsmarksspecialister. De återstående arterna som inte grupperade med de andra var antingen associerade med våtmarker eller sumpskogshabitat (övre delen) eller med hållmarker (hörnet längst till vänster, visas ej).

Artsamhällena var i stort sett likartade mellan olika skötseltyper, då gruppernas ellipser överlappade kraftigt (Figur 14 A). På samma sätt sågs stor överlappning mellan olika regioner (Figur 14 B). Den mest intressanta variationen sågs dock mellan olika markslag (Figur 14 C). Artsamhällena i betes-/slättermark och åkermark/tidigare åkermark överlappade tydligt, medan lokaler i "annan gräsmark" uppvisade störst variation som bara delvis överlappade med de andra grupperna. De lokaler som överlappade mellan grupper kännetecknades av låg ristäckning samt höga värden på pH, kväve och temperatur, och hade en hög förekomst av gräsmarksspecialister. Det vill säga, variationen i ristäckning, pH, kväve och temperatur förklarade skillnaderna mellan artsamhällena i olika markslag.



Figur 13. Biplots från en kanonisk korrespondensanalys (CCA) av vegetationsdata från cirka 1300 provytor inom kraftledningsgator, baserat på data om 205 artförekomst och 31 miljövariabler. A) CCA-biplot som visar vektorer för miljövariabler samt provytoppöng. Endast de variabler som har starkast samband med de två första kanoniska axlarna är etiketterade. B) Samma biplot som i (A), men med artoppöng i stället för provytor, vilket visar arternas fördelning längs miljögradienterna. Grönt markerar arter som anses vara gräsmarks-specialister och orange de återstående arterna som har registrerats.



Figur 14. Samma CCA-biplot som i figuren ovan, men med provytorna färgkodade utifrån olika kategorier. Analysen baseras på data från cirka 1 300 provytor inom kraftledningsgator, 205 arter och 31 miljövariabler. A) Provytor grupperade efter skötseltyp (kraftledning, kraftledning med anpassad skötsel, patrullstig, patrullstig med anpassad skötsel). B) Provytor grupperade efter region (Mellansveriges skogs-/mellanbygd, Mellansveriges åkerdominerade landskap, Norra Sveriges inland, Norra Sveriges kustland, Södra Sveriges skogs-/mellanbygd, Södra Sveriges åkerdominerade landskap). C) Provytor grupperade efter markslag (annan gräsmark, betes-/slättermark, åkermark/tidigare åkermark).

## Canonical Correspondence Analysis

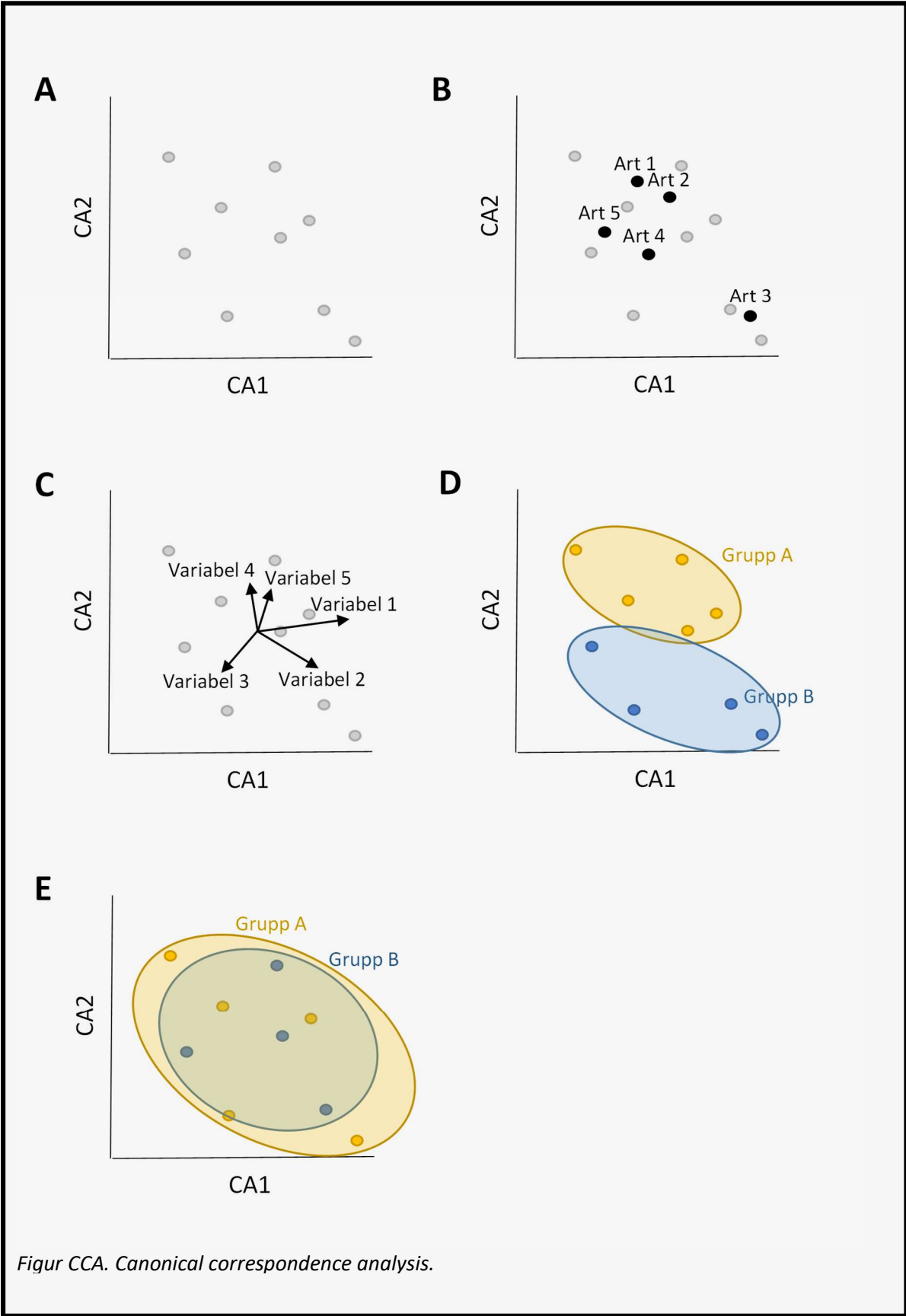
Canonical Correspondence Analysis (CCA) är en multivariat statistisk metod som används för att undersöka sambanden mellan biologiska samhällen (t.ex. arters närvaro/frånvaro) och miljövariabler (t.ex. solljus, trädsjikt, förekomst av bar berggrund osv.). Istället för att koppla en enskild beroende variabel till förklarande variabler som i multipel regression, relaterar CCA en hel uppsättning av arter till en hel uppsättning miljöfaktorer samtidigt. Metoden hjälper till att identifiera vilka miljövariabler som mest påverkar artsammansättningen, om vissa arter är knutna till specifika miljöer, samt om grupper av provytor delar liknande arter eller ekologiska egenskaper.

CCA använder en artmatris och en miljömatris och söker efter axlar, så kallade kanoniska axlar (CCA1, CCA2, ...), som bäst förklarar variationen i artsammansättning begränsad av miljöfaktorerna. Dessa axlar arrangerar både arter och provytor i ett gemensamt ordinationsutrymme och rangordnas efter hur mycket variation de förklarar.

Resultaten presenteras vanligtvis i biplots (tvådimensionella diagram), som normalt innehåller:

- De två första kanoniska axlarna som x- och y-axlar.
- Punkter för provytor (Figur CCA A), där klustrade punkter indikerar likartad artsammansättning och liknande miljöförhållanden.
- Punkter för arter (Figur CCA B), där klustrade arter tenderar att samförekomma eller dela ekologiska preferenser (se Arter 1, 2, 4 och 5 i Figur CCA B); isolerade arter kan vara sällsynta eller ha unika nischer (se Art 3 i Figur CCA B).
- Miljövektorer (Figur CCA C), där varje pil har en viss riktning, vinkel och längd. Pilarna pekar i riktning mot ökande värden för den miljövariabeln. Arter eller provytor som ligger i samma riktning som en pil är positivt associerade med den variabeln. Vinkeln visar förhållandet mellan en variabel och en axel – ju mindre vinkel, desto starkare positiv korrelation. Längden på pilen visar hur starkt variabeln korrelerar med axlarna och därmed hur mycket den påverkar strukturen i artdata. En lång pil som är parallell med en axel visar på en stark gradient och ett stort inflytande på artsammansättningens variation (t.ex. variabel 4 i Figur CCA C). Varje variabel får sedan en associationspoäng med varje axel, från -1 till +1, där värden närmare extremerna indikerar en stark association (antingen positiv eller negativ) medan värden nära 0 indikerar svag eller ingen association.

Biplots kan också innehålla ellipser för att visa hur olika grupper av provytor klustrar. Provytor kan färgkodas utifrån gruppindelning och ellipser ritas runt dem. En liten ellips indikerar låg variation inom gruppen. En stor ellips indikerar hög variation. Icke-överlappande ellipser visar tydligt skilda grupper med olika artinnehåll (Figur CCA D). Överlappande ellipser visar att grupperna är likartade i artsammansättning och miljöförhållanden (Figur CCA E).



Figur CCA. Canonical correspondence analysis.

## Habitatidentitet

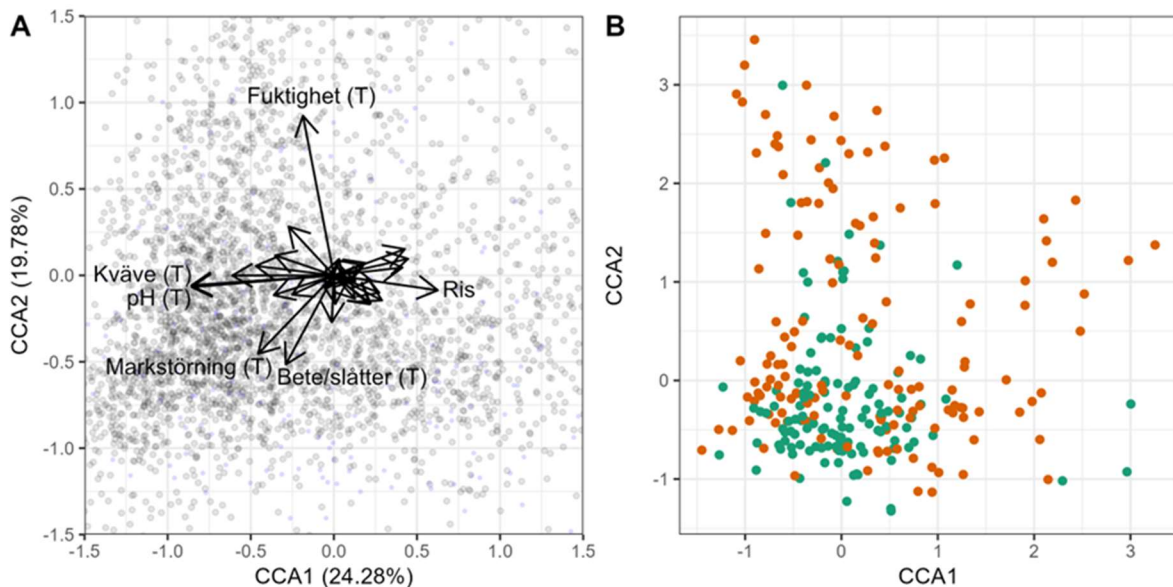
Vi analyserade överlappningen i artsamhällen, dvs, kopplingen mellan miljö och arter, mellan kraftledningsgator och gräsmarker i andra inventeringar. Därför jämförde vi data mellan Svenska kraftnäts (SvK) och Remiils projekt.

En CCA genomfördes där provytor kategoriserades utifrån projekt (Remiil, SvK) och markslag (betes-/slåttermark, åkermark/tidigare åkermark, annan gräsmark), men utan att skilja på skötseltyp eller region inom kraftledningsgator, eftersom dessa faktorer verkar ha liten effekt på artsammansättningen än så länge. Totalt användes data från 3 809 provytor; av dessa besöktes 1 297 inom SvK-projektet och 2 515 inom Remiil-projektet. Samma lista över arter och variabler som i den tidigare analysen användes även här.

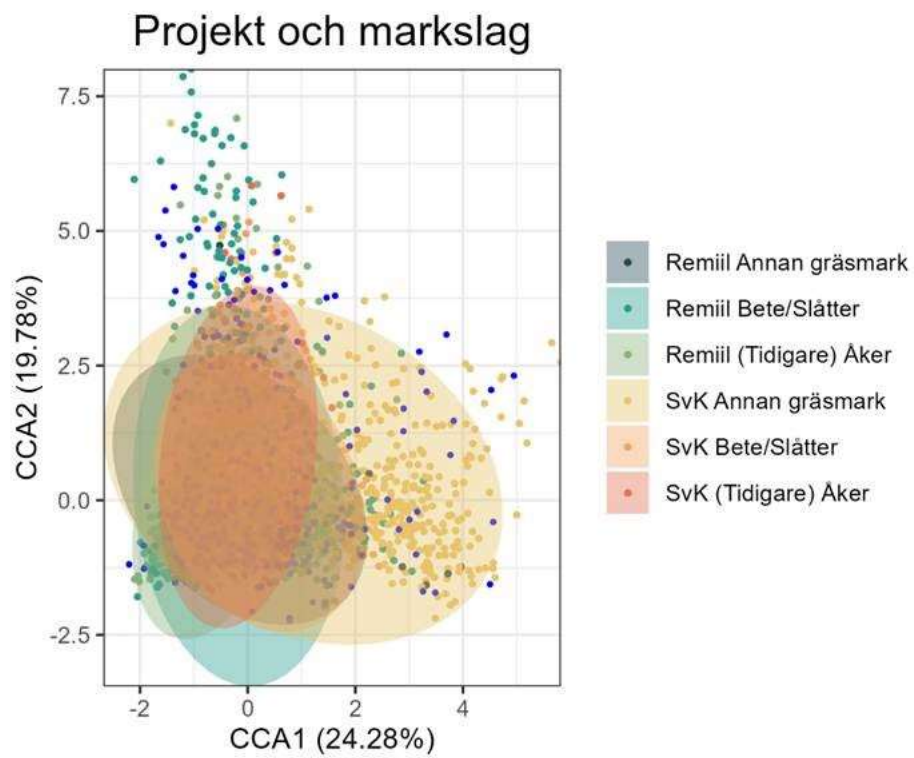
Liksom i föregående analys var risförekomst, samt genomsnittliga Tyler-värden för pH och kväve, de variabler som var starkast kopplade till CCA1 (Figur 15 A), med associationspoäng av +0,62, -0,86, respektive -0,86. Tyler-värden för fuktighet (+0,92), betes-/slåtterpåverkan (-0,52) och markstörning (-0,46) var istället starkt kopplade till CCA2.

De flesta arter verkade ha samband med liknande miljöförhållanden (nedre vänstra hörnet av biplotten). Sådana samförekommande arter var ofta gräsmarksspecialister (Figur 15 B). De återstående arterna kopplades med våtmarker och akvatiska ekosystem (överst vänstra hörnet) eller med sumpskog och hållmarker (nedre högra hörnet, visas ej).

De flesta kombinationer av markslag och projekt hade artsamhällen som överlappade tydligt, men återigen visade "annan gräsmark" inom kraftledningsgator den största variationen som överlappade endast delvis med de andra (Figur 16). Provytor i annan gräsmarkstyp i kraftledningsgator med överlappande artsamhällen kopplades med lågt ristäck, högt pH och kväve och hade arter mest besläktade med gräsmarker.



Figur 15. Biplots från en kanonisk korrespondensanalys (CCA) av vegetationsdata från cirka 3 800 gräsmarksprovytor inom kraftledningsgator (projekt SvK) och utanför kraftledningsgator (projekt Remiil), baserat på data om 205 förekommande arter och 31 miljövariabler. A) CCA-biplot som visar vektorer för miljövariabler samt provytopoäng. Endast de variabler som har starkast samband med de två första kanoniska axlarna är etiketterade. B) Samma biplot som i (A), men med artpoäng i stället för provytor, vilket visar arternas fördelning längs miljögradienterna. Grönt markerar arter som anses vara gräsmarksspecialister och orange de återstående arterna som har registrerats.



Figur 16. Samma CCA-biplot som i figuren ovan, men med provytorna färgkodade efter projekt (Remiil, SvK) och markslag (annan gräsmark, betes-/slättermark, åkermark/tidigare åkermark).

## Diskussion

### a) Habitatidentitet: Kan gräsmarker i kraftledningsgator jämföras med gräsmarker?

Vi har visat att kraftledningsgator kan vara rika på växtbiologisk mångfald och kan potentiellt fungera som refugier och korridorer för typiska gräsmarksarter. Den totala artrikedomen som observerades i dessa miljöer var jämförbar med den som påträffas i semi-naturliga gräsmarker (Figur 4, Figur 3), vilka betraktas som lokala hotspots för biologisk mångfald (Wilson m.fl., 2012). Med hjälp av en konsekvent artlista för kärlväxter, mossor och lavar noterade vi i genomsnitt ( $\pm$  SD)  $13,2 \pm 5,66$  arter/provyta i kraftledningsgator,  $17,6 \pm 7,91$  arter/provyta i betes-/slåttermarker och  $13,1 \pm 5,72$  arter/provyta i åkermark/tidigare åkermark utanför kraftledningsgator (se Tabell 1). Tidigare studier har rapporterat högre växtdiversitet i kraftledningsgator jämfört med intilliggande skog (Eldegard m.fl., 2017; Wagner m.fl., 2014) men vi känner inte till andra studier som har jämfört växtmångfalden i kraftledningsgator och gräsmarker i stor skala.

Anmärkningsvärt är att 81 % av gräsmarksspecialisterna som förekommer i gräsmarker också återfanns i kraftledningsgator (Figur 4). Förekomsten av gräsmarksspecialister i kraftledningsgator har också dokumenterats i mindre skala i Sverige (Horstmann m.fl., 2023), södra Norge (Eldegard m.fl., 2017) och Finland (Lampinen m.fl., 2015). Tack vare den omfattande skötseln och det låga träd täcket kan dessa korridorer erbjuda miljöförhållanden som liknar gräsmarker.

### b) Markanvändningshistorik: Påverkar tidigare markanvändning dagens biologiska mångfald?

När vi jämförde artrikedomen av gräsmarksspecialister mellan olika markanvändningstyper (annan gräsmark, tidigare åkermark och betes-/slåttermarker) i kraftledningsgator observerade vi tydliga skillnader. Den mest intressanta jämförelsen var mellan markanvändningstyperna "annan gräsmark" och "tidigare åkermark". Båda typerna gynnas av skötsel som utförs av Svenska kraftnät, men den förstnämnda är vanligtvis ett resultat av avverkad skog eller röjning i tidigare igenväxt jordbruksmark, medan den sistnämnda redan var ett öppet område innan det omvandlades till en kraftledningsgata. När kraftledningsgator korsar betesmarker är de observerade positiva effekterna på biologisk mångfald sannolikt ett resultat av den existerande betesregimen snarare än av skötseln av kraftledningsgatan i sig. Denna distinktion är viktig att göra när man utvärderar effekten av skötselåtgärder som specifikt riktar sig mot kraftledningsgatorna.

Vi ser att artrikedomen, gräsmarksspecialister och till och med kopplingen mellan miljö och arter uppvisar skillnader såväl som överlappningar (Figur 4, Figur 14 C). Sådana mönster drivs sannolikt av historisk markanvändning såväl som år för kraftledningsetablering, dvs en "legacy effect". Vi observerade att artsamhällena i markanvändningsplatserna "annan gräsmark" som skilde sig från alla andra kännetecknades av arter associerade med typiska skogsegenskaper, d.v.s. högt ristäcke och lågt pH-värde och näringsämnen. En nyligen genomförd etablering av kraftledningsgator och/eller en tidigare lång skogsbrukshistoria i området kan ha förhindrat etableringen av mogna gräsmarks-samhällen ännu. På lokal skala har det visat sig att gamla etablerade kraftledningar och vägledningar hyser mer mångsidiga och ekologiskt mogna samhällen än de nyare (Auffret & Lindgren, 2020; Horstmann m.fl., 2023; Lampinen m.fl., 2015). Historiska flygbilder och information om kraftledningarnas etableringsår kan därför ge mer insikt i den observerade variationen.

### c) Skötsel: Hur påverkar olika skötselåtgärder biologisk mångfald?

Både det totala antalet växtarter och antalet gräsmarksspecialister påverkades av sköselfrekvensen (Figur 4, Tabell 1). Provytor av ca. 27 m<sup>2</sup> i patrullstigar, som röjs var 4–6:e år, hade i genomsnitt cirka 3 fler växtarter än provytorna i de omgivande kraftledningsgatorna, som röjs var 8–12:e år (Tabell 1). På liknande sätt hade patrullstigar i genomsnitt cirka 2 fler gräsmarksspecialister än kraftledningsgator. Mer frekvent röjning verkar alltså gynna växtbiodiversitet och särskilt etablering av gräsmarksspecialister. Skötseln av patrullstigar kan fortfarande betraktas som extensiv med låg markstörning, men den motverkar igenväxning och möjliggör därmed att mogna växtsamhällen kan utvecklas. Dessutom kan borttagning av avverkat växtmaterial, till skillnad från i de omgivande kraftledningsgatorna, leda till mindre skuggning av marken och därigenom högre groningen av frön från gräsmarkarter, som ofta kräver ljusstimulans.

Provytor i områden med anpassad skötsel hade högre artrikedom och fler gräsmarksspecialister än ytor utan anpassad skötsel (Figur 4). I patrullstigar fann vi ca. 2 arter och 1 gräsmarksspecialist art mer i ytor med anpassad skötsel än utan (Tabell 1). På samma sätt fann vi cirka 3 arter och 1 gräsmarksspecialistart mer i ytor i kraftledningsgator med anpassad skötsel än utan (Tabell 1). Sådana skillnader i artrikedom är troligen en orsak till vald skötsel snarare än en konsekvens av anpassad skötsel, det vill säga att de områden som valdes ut för anpassad skötsel var mer värdefulla redan från början. För att verkligen kunna se effekterna av anpassad skötsel behöver vi snarare samla in data över en längre tidsperiod och jämföra förändringar i artrikedom över tid. Vi anser därför att de data som visas här kommer att vara viktiga för att upptäcka eventuella effekter före/efter behandling.

Överlag visade artsamhällen och habitatstruktur inga tydliga skillnader mellan olika skötseltyper (Figur 14 A). Detta är inte oväntat med tanke på att miljöerna ligger nära varandra och vi inte förväntar oss skarpa skillnader i arternas ekologiska nischer i de olika skötseltyperna.

### d) Landskap och regional kontext: Hur påverkar omgivningen kraftledningsgatans biodiversitet?

Som förväntat tenderade antalet gräsmarksspecialister att minska ju längre man flyttar från södra till norra delen av Sverige. Vi observerade också att kraftledningsgator i områden dominerade av jordbruk tenderade att ha fler gräsmarksspecialister än områden dominerade av skog (Figur 6, Figur 7, Figur 8). I linje med dessa resultat visade vi också att det totala antalet arter och gräsmarksspecialister i kraftledningsgator minskade med ökande avstånd från artrika gräsmarker (Figur 10, Figur 11). Landskap rika på kvarvarande gräsmarker har tidigare visat sig fungera som källor till gräsmarksspecialiserade arter för kraftledningsgator på lokal skala (Horstmann m.fl., 2023; Lampinen m.fl., 2015), och ett liknande mönster observerades även för restaurerade betesmarker (Winsa m.fl., 2015). I fragmenterade landskap kan spridningsbegränsningar begränsa etableringen av växtsamhällen. Detta gäller särskilt gräsmarkarter, som ofta sprider sig vegetativt eller med korta spridningsvägar för frön.

Intressant nog observerade vi att kraftledningsgator i södra och mellersta Sverige i genomsnitt hyste fler eller lika många gräsmarksspecialister som betes- och slåttermarker i jordbruksdominerade landskap, medan de tenderade att hysa färre gräsmarksspecialister än betes- eller slåttermarker i skogsdominerade landskap (Figur 6). På samma sätt hade kraftledningsgator i norra Sverige, där jordbruk är sällsynt, i genomsnitt färre gräsmarksspecialister än betes- och slåttermarker.

Dessa resultat sammantagna visar att gräsmarksrelaterade arter i kraftledningsgator kan gynnas av omgivande gräsmarker, men inte nödvändigtvis av ett omgivande jordbrukslandskap. En tidigare studie hade visat att växtsamhällen i restaurerade betesmarker var mer artrika i anslutning till intakta betesmarker än vid näraliggande åkerfält (Winsa m.fl., 2015). I landskap som domineras av värdefulla

gräsmarker förväntar vi oss att växtsamhällena i dessa fungerar som källor till de populationer som återfinns i kraftledningsgator. Däremot kan intensivt brukade områden med få eller inga artrika semi-naturliga gräsmarker, såsom i södra Sverige, förhindra spridning av gräsmarksspecialister till kraftledningsgatorna.

I landskap dominerade av skog – och till och med i områden helt utan värdefulla gräsmarker – observerade vi ändå förekomst av gräsmarksspecialister i kraftledningsgator (Figur 9). Detta är ett direkt bevis för att kraftledningsgator kan vara viktiga för gräsmarkspopulationer. Gräsmarksspecialister speglar dock här i första hand markförhållanden i kraftledningsgatorna snarare än kvalitet i sig. I landskap som inte domineras av jordbruk, och där traditionella gräsmarker i stort sett saknas, kan kraftledningsgator utgöra det enda lämpliga habitatet för gräsmarksanknutna arter. I sådana sammanhang kan dessa korridorer fungera som viktiga refugier och hysa en relativt hög växtartsmångfald jämfört med den omgivande landskapsmatrisen. Detta understryker deras potentiella betydelse som biodiversitetsreservat för gräsmarker i annars ogynnsamma landskap. I dessa fall kan data om markanvändningshistoriken hjälpa till att förstå om dessa arter finns i fröbanken och om restaurering eller särskild förvaltning kan bidra till att öka den lokala mångfalden.

Att fastställa huruvida kraftledningsgator underlättar spridning av växtarter i landskapet som inte är bara dominerad av skog och innehåller gräsmarker är då en komplex fråga. För att kunna besvara den krävs särskilda experimentella angreppssätt, exempelvis genetiska analyser såsom DNA-streckkodning eller populationsgenetik, som kan ge insikt i arters ursprung och spridningsmönster mellan kraftledningsgator och angränsande gräsmarker. Vi förväntar oss dock en viss nivå av genetiskt utbyte mellan kraftledningsgator och omgivande gräsmarker, vilket sannolikt ökar med närheten mellan de två habitaterna.

Generellt sett skilde sig artsammansättningen inte så mycket mellan olika typer av landskap, och det var stort överlapp mellan både regioner och landskapstyper. Det verkade dock vara en svag samvariation mellan landskapstyp och region, så att skogsdominerade landskap i norra Sverige skilde sig mest från åkerdominerade landskap i södra Sverige, och de övriga fanns någonstans däremellan, men fortfarande med stort överlapp (Figur 14 B). Som vi antydde ovan så verkar det vara viktigare med variationen i markförhållanden och markanvändning inom en region eller landskapstyp än mellan regioner och landskapstyper.

## Slutsatser

I Sverige har man uppskattat att betesmarker har minskat med 90 % på ett sekel, medan slåttermarker nästan helt har försvunnit (Bernes, 2011). Kraftledningsgator har i allt högre grad erkänts som potentiella språngbrädor till seminaturliga gräsmarker tack vare deras typiskt extensiva skötsel och låga träddäckning (Gardiner m.fl., 2018). Ett antal olika arter av ryggradslösa djur (Berg m.fl., 2013, 2016; Dániel-Ferreira m.fl., 2023; Horstmann m.fl., 2023; Villemey m.fl., 2018; Wagner m.fl., 2019) och ryggradsdjur (Ouédraogo m.fl., 2020) har redan visat sig vara beroende av kraftledningsgator, beroende på hur de sköts. Vi har här visat att kraftledningsgator även kan gynna gräsmarksväxtarters fortbestånd och vara värd för deras metasamhällen. Även om vi inte kan belysa det i detalj, så tyder att de har delvis liknande växtsamhällen i alla fall på att det finns förutsättningar för att kraftledningsgatorna ska kunna fungera som ekologiska korridorer eller trappstenar för återkolonisering till andra närliggande gräsmarker.

Trots den stora förekomsten av gräsmarksspecialister observerade vi en viss avvikelse i artsamhällen och habitatstruktur mellan kraftledningsgator och traditionella gräsmarker, beroende på flera olika faktorer. Det är därför inte garanterat att röjningar längs kraftledningsgator alltid kommer att skapa biotoper som kan hysa gräsmarkssamhällen. Dessutom vill vi klargöra att seminaturliga, traditionellt skötta gräsmarkers ekologiska komplexitet aldrig fullt ut kan ersättas av alternativa miljöer. Vi anser därför att även om kraftledningsgator har potential att fungera som refugier, ekologiska korridorer och livsmiljöer för metapopulationer av gräsmarksarter, kan de inte helt och hållet ersätta andra gräsmarksmiljöer. Att bevara existerande semi-naturliga gräsmarker är därför fortsatt avgörande, samtidigt som kraftledningsgator kan spela en viktig roll i att stödja gräsmarkernas biologiska mångfald och motverka habitatförlust — särskilt i landskap där sådana gräsmarker är på tillbakagång eller redan är sällsynta. Det behöver dock nämnas att kraftledningsgator kan fylla en delvis annan funktion som komplement, eftersom vissa naturvärden kan gynnas av en ännu mer extensiv skötsel – åtminstone i vissa typer av magrare mark där igenväxningen går långsammare.

## Avslutande kommentarer om vikten av långsiktig uppföljning

Långsiktig uppföljning är avgörande för att säkerställa att naturvårdsåtgärder i kraftledningsgator ger verkliga och varaktiga resultat. Enskilda forskningsprojekt ger värdefulla insikter, men endast systematisk och kontinuerlig uppföljning kan visa om förvaltningen är effektiv över tid och i olika landskap. Nedan sammanfattas de viktigaste skälen till varför fortsatt uppföljning är en strategisk investering.

### *1. Uppföljning skyddar värdet av tidigare investeringar*

Under de senaste åren har vi byggt upp en unik datamängd – en av få som gör det möjligt att följa hur biologisk mångfald reagerar på skötsel i många typer av kraftledningsgator över tid. Denna investering har redan gett avkastning genom att etablera en tydlig baslinje. Utan fortsatt uppföljning riskerar dock värdet att minska – vi vet hur det såg ut vid ett tillfälle, men inte om skötseln ger önskad effekt på sikt.

### *2. Forskning förklarar mekanismer – uppföljning visar utfall*

Riktade forskningsprojekt kan besvara frågor om *varför* och *hur* skötsel, lokala förhållanden och landskapseffekter påverkar biologisk mångfald. De är vetenskapens ryggrad. Men endast långsiktig uppföljning kan visa om dessa effekter är stabila och generella – eller om de bara syns vid ett begränsat antal observationer. Uppföljningsprogram är dessutom det enda sättet att upptäcka

regionala och nationella trender, visa utveckling över tid och identifiera var justeringar i skötseln behövs.

### *3. Uppföljning ger underlag för dialog med intressenter*

Uppföljningsdata gör det möjligt att visa mätbara resultat för intressenter, myndigheter och allmänhet. I stället för att luta sig mot enskilda lokala studier ger uppföljning ett bredare underlag som kan generaliseras till olika sammanhang. Det stärker trovärdigheten och förmågan att visa hur specifika skötselåtgärder bidrar till nationella och internationella mål för biologisk mångfald.

### *4. Koppling till andra nationella program*

Konsekventa och långsiktiga data möjliggör samordning med andra nationella och regionala uppföljningsinsatser, såsom Remiil för gräsmarker, våtmarker och småbiotoper samt program för fågel- och pollinatörsövervakning. Dessa delar samma grund för urval av lokaler, vilket gör det möjligt att sätta resultaten i ett bredare sammanhang och visa hur skötsel av kraftledningsgator bidrar till biologisk mångfald på landskapsnivå och nationell nivå.

### *5. Uppföljning multiplicerar värdet av framtida forskning*

Ett långsiktigt uppföljningsprogram gör framtida forskningsprojekt både starkare och mer kostnadseffektiva. Nya forskningsfrågor om pollinatörer, vegetation eller skötselns effekter kan besvaras snabbare och med större säkerhet eftersom uppföljningen redan tillhandahåller den långsiktiga kontexten.

Sammantaget handlar en investering i långsiktig uppföljning inte om att samla in data för att beskriva det som redan har hänt. Det är en investering i att förstå hur dagens åtgärder påverkar framtiden – och att i tid kunna justera insatser för att undvika negativa effekter och maximera nyttan för biologisk mångfald.

## Referenser

- Auffret, A. G., & Lindgren, E. (2020). Roadside diversity in relation to age and surrounding source habitat: evidence for long time lags in valuable green infrastructure. *Ecological Solutions and Evidence*, 1(1), e12005. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12005;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Berg, Å., Ahrné, K., Öckinger, E., Svensson, R., & Wissman, J. (2013). Butterflies in semi-natural pastures and power-line corridors - effects of flower richness, management, and structural vegetation characteristics. *Insect Conservation and Diversity*, 6(6), 639–657. <https://doi.org/10.1111/ICAD.12019>
- Berg, Å., Bergman, K. O., Wissman, J., Žmihorski, M., & Öckinger, E. (2016). Power-line corridors as source habitat for butterflies in forest landscapes. *Biological Conservation*, 201, 320–326. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2016.07.034>
- Bernes, C. (2011). *Biologisk mångfald i Sverige (in Swedish)*. <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/1200/978-91-620-1290-8/>
- Daniel-Ferreira, J., Fourcade, Y., Bommarco, R., Wissman, J., & Öckinger, E. (2023). Communities in infrastructure habitats are species rich but only partly support species associated with semi-natural grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 60(5), 837–848. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14378>
- Eldegard, K., Eytayo, D. L., Lie, M. H., & Moe, S. R. (2017). Can powerline clearings be managed to promote insect-pollinated plants and species associated with semi-natural grasslands? *Landscape and Urban Planning*, 167, 419–428. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2017.07.017>
- Gardiner, M. M., Riley, C. B., Bommarco, R., & Öckinger, E. (2018). Rights-of-way: a potential conservation resource. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(3), 149–158. <https://doi.org/10.1002/FEE.1778>
- Glimskär, A., Arlt, D., Kindström, M., Kindström, S., & Wikberg, S. (2009). *Resultat från regional miljöövervakning av småbiotoper, gräsmarker och myrar 2009–2014*.
- Glimskär, A., Kindström, M., & Lundin, A. (2015). *Metodik och design för miljöövervakning av naturvärden i kraftledningsgator*.
- Glimskär, A., & Skånes, H. (2015). Land Type Categories as a Complement to Land Use and Land Cover Attributes in Landscape Mapping and Monitoring. *Land Use and Land Cover Semantics: Principles, Best Practices, and Prospects*, 171–190. <https://doi.org/10.1201/9781351228596-12>
- Grusell, E., & Miliander, S. (2011). *Fältmanual för skötsel av kraftledningens biotoper*.
- Hill, B., & Bartomeus, I. (2016). The potential of electricity transmission corridors in forested areas as bumblebee habitat. *Royal Society Open Science*, 3(11). <https://doi.org/10.1098/RSOS.160525;WEBSITE:WEBSITE:RSJ-SITE;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:RSOS;JOURNAL:JOURNAL:RSOS;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Horstmann, S., Auffret, A. G., Daniel-Ferreira, J., & Öckinger, E. (2023). Species accumulation in novel grassland habitats is linked to land cover history. *Ecography*, 2023(8), e06704. <https://doi.org/10.1111/ECOG.06704;SUBPAGE:STRING:FULL>
- Lampinen, J., Ruokolainen, K., & Huhta, A. P. (2015). Urban Power Line Corridors as Novel Habitats for Grassland and Alien Plant Species in South-Western Finland. *PLOS ONE*, 10(11), e0142236. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0142236>

- Lundin, A., Kindström, M., Glimskär, Anders Gunnarsson, U., Hedenbo, P., & Rygne, H. (2016). *Metodik för regional miljöövervakning av gräsmarker och våtmarker 2015-2020*.
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., ... Weedon, J. (2025). *vegan: Community Ecology Package* (R package version 2.7-0). <https://vegandevs.github.io/vegan/>
- Ouédraogo, D. Y., Villemey, A., Vanpeene, S., Coulon, A., Azambourg, V., Hulard, M., Guinard, E., Bertheau, Y., Flamerie De Lachapelle, F., Rael, V., Le Mitouard, E., Jeusset, A., Vargac, M., Witté, I., Jactel, H., Touroult, J., Reyjol, Y., & Sordello, R. (2020). Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for vertebrates in temperate ecosystems? A systematic review. *Environmental Evidence* 2020 9:1, 9(1), 1–34. <https://doi.org/10.1186/S13750-020-00196-7>
- Risklista 2024 - Artfakta från SLU Artdatabanken. (u.å.). Hämtad 29 april 2025, från <https://artfakta.se/risklistor/2024/taxa>
- Rödlistning | Externwebben. (u.å.). Hämtad 29 april 2025, från <https://www.slu.se/artdatabanken/rodlistning/>
- Svenska Kraftnät. (2019). *Riktlinjer för underhåll av ledningsgator och stationsytor. Svenska kraftnäts beteckning TR12-13*. <https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/entreprenorer-i-elnatet/tekniska-riktlinjer/tr12/tr12-13-teknisk-riktlinje-uh-av-ledningsgator-utgava-4.pdf>
- Ter Braak, C. J. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), 1167–1179. <https://doi.org/10.2307/1938672>
- ter Braak, C. J. F., & Verdonschot, P. F. M. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57(3), 255–289. <https://doi.org/10.1007/BF00877430/METRICS>
- Tyler, T., Herbertsson, L., Olofsson, J., & Olsson, P. A. (2021). Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. *Ecological Indicators*, 120, 106923. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2020.106923>
- Villemey, A., Jeusset, A., Vargac, M., Bertheau, Y., Coulon, A., Touroult, J., Vanpeene, S., Castagneyrol, B., Jactel, H., Witte, I., Deniaud, N., Flamerie De Lachapelle, F., Jaslier, E., Roy, V., Guinard, E., Le Mitouard, E., Rael, V., & Sordello, R. (2018). Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for insects in temperate landscapes? A systematic review. *Environmental Evidence*, 7(1), 1–33. <https://doi.org/10.1186/S13750-018-0117-3/TABLES/10>
- Wagner, D. L., Metzler, K. J., & Frye, H. (2019). Importance of transmission line corridors for conservation of native bees and other wildlife. *Biological Conservation*, 235, 147–156. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2019.03.042>
- Wagner, D. L., Metzler, K. J., Leicht-Young, S. A., & Motzkin, G. (2014). Vegetation composition along a New England transmission line corridor and its implications for other trophic levels. *Forest Ecology and Management*, 327, 231–239. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2014.04.026>
- Wilson, J. B., Peet, R. K., Dengler, J., & Pärtel, M. (2012). Plant species richness: the world records. *Journal of Vegetation Science*, 23(4), 796–802. <https://doi.org/10.1111/J.1654-1103.2012.01400.X>
- Winsa, M., Bommarco, R., Lindborg, R., Marini, L., & Öckinger, E. (2015). Recovery of plant diversity in restored semi-natural pastures depends on adjacent land use. *Applied Vegetation Science*, 18(3), 413–422. <https://doi.org/10.1111/AVSC.12157>