



# Betydelsen av kraftledningsgator, skogsbilvägar och naturbetesmarker för fjärilar i olika landskapstyper

---

**Åke Berg, Karl-Olof Bergman, Jörgen Wissman, Michal Zhmihorski,  
Erik Öckinger**

**CBM:s skriftserie nr 97**



CBM Centrum för  
biologisk mångfald

## **Författare:**

Åke Berg<sup>1</sup>, Karl-Olof Bergman<sup>2</sup>, Jörgen Wissman<sup>1</sup>, Michal Zhmihorski<sup>3</sup>, Erik Öckinger<sup>3</sup>

1. Sveriges Lantbruksuniversitet, Centrum för Biologisk Mångfald, Box 7016, SE 750 07 Uppsala, Sverige.
2. IFM Biologi, Linköpings universitet, SE 581 83 Linköping, Sverige.
3. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för Ekologi, Box 7044, SE 750 07 Uppsala, Sverige.

Citeras: Berg, Å., Bergman, K-O., Wissman, J., Zhmihorski, M. & Öckinger, E. 2015. Betydelsen av kraftledningsgator, skogsbilvägar och naturbetesmarker för fjärilar i olika landskapstyper. CBM:s skriftserie nr 97, SLU, ISBN: 978-91-88083-07-4.

*Tack till Svenska Kraftnät, Trafikverket (genom forskningsprogrammet TRIEKOL, Trafikverket) och Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne för finansiering av projektet. Tack till Mats W. Pettersson, Gabriel och Martin Tjernberg, Björn Gunnarsson, Torbjörn Blixt and Kristina Bergman för deltagande i fjärilsinventeringarna. Tack till Sofie Fröberg, Camilla Jansson, Per Saarinen Claesson och Joakim Wester för arbetet med fjärilarnas rörelsemönster och beteende.*

Foto:

Roger Svensson, sida: 6 och 7

Jörgen Wissman, omslag och sida: 9, 11, 13, 15, 16 och 18

CBM:s skriftserie nr. 97

ISBN: 978-91-88083-07-4

Centrum för biologisk mångfald, CBM

Box 7016

750 07 UPPSALA

## Innehåll

Sammanfattning .....	4
Inledning.....	6
Metoder .....	8
Val av undersökningsområden till inventeringarna.....	8
Val av undersökningsområden till detaljstudierna av beteende och rörelsemönster.....	9
Biotopkarteringar i de inventerade transekterna .....	9
Fjärilsinventeringar .....	10
Detaljerade studier av beteenden.....	11
Studie av fjärilars beteende vid biotopgränser.....	11
Statistik.....	12
Resultat .....	12
Effekter av mängd skog på landskapsnivå på artrikedom .....	14
Detaljerade studier av fjärilars beteenden.....	16
Studie av fjärilars beteende vid biotopgränser .....	16
Studier av flygbeteende i olika biotoper.....	16
Diskussion.....	17
Referenser.....	19
Appendix 1. Abundans (medel ± SE) för olika arter i de sju habitattyperna.....	22
Appendix 2. Statistiska metoder .....	25
Appendix 3. Antal (och andel i procent) individer av luktgräsfjäril, pärlgräsfjäril och skogsnätfjäril med spridningsflykt och födosöksflykt i kraftledningsgator, naturbetesmarker och längs vägar. ....	26

## Sammanfattning

I landskap dominerade av modernt jord- och skogsbruk är många arters livsmiljöer starkt fragmenterade vilket hotar deras långsiktiga överlevnad. Linjära element i landskapet antas kunna underlätta arters spridning och överlevnad i landskapet genom att fungera som spridningskällor och därmed minska de negativa effekterna av fragmenteringen. Kunskapen om i vilken utsträckning linjära landskapselement, som vägkanter och kraftledningsgator utgör spridningskällor (habitat som producerar överskott av individer) och/eller fungerar som funktionella spridningskorridorer är dålig.

En av målsättningarna med denna undersökning var att undersöka om närhet till kraftledningsgator ökar art- och individrikedomen av fjärilar i andra biotoper. Vi gjorde detta genom att inventera fjärilar på 160 platser i 23 landskap i södra Sverige. I fjärilsinventeringen jämförde vi fjärilsfaunan i naturbetesmarker och skogsbilvägar på olika avstånd från kraftledningsgator. Dessutom jämförde vi fjärilsfaunan i kraftledningsgator (och naturbetesmarker och skogsbilvägar) i en gradient från relativt öppna landskap med jordbruksmark till skogsdominerade landskap.

Vi gjorde även detaljerade studier av några arters rörelsemönster och beteende i några utvalda landskap (två i varje delstudie). Vi studerade i) flygbeteendet hos några utvalda arter i kraftledningsgator, betesmarker och längs vägar med syftet att analysera om andelen individer som uppvisade snabb flykt (spridning) och födosöksflykt skiljde sig mellan habitat. Dessutom gjordes ii) experiment med utsläpp av fångade individer av ett urval av arter vid gränsen mellan en betesmark och andra habitat för att se om de föredrog att flyga genom betesmark, skog, ledningsgator eller åkermark.

Kraftledningsgator tycktes fungera som spridningskälla för fjärilar i skogsbilvägar eftersom både art- och individrikedom var signifikant högre i skogsbilvägar och naturbetesmarker nära kraftledningsgator än i områden långt ifrån ledningsgatorna. Den positiva effekten av närheten till kraftledningsgator tycktes klinga av först vid avstånd på 700-800 m från ledningsgatorna, dvs kraftledningsgatorna hade en positiv effekt på fjärilsfaunan i områden som är mycket större än den areal de täcker. Dessutom var sammansättningen av arter liknande i områden nära och på avstånd från ledningsgatorna, vilket tyder på att ökningen i art- och individrikedom inte berodde på en ökning av arter som normalt inte förekommer i större omfattning på skogsbilvägarna och i naturbetesmarkerna.

De analyser vi genomfört när det gäller rörelsemönster och beteenden de utvalda arterna tyder på att det är stor skillnad mellan olika arter, vissa arter (t.ex. pärlgräsfjäril) tycks använda ledningsgatorna för födosök (och därmed troligen också reproduktion), luktgräsfjäril kan enligt våra resultat möjligen också använda ledningsgatorna för spridningsflykt och skogsnätfjäril tycktes göra det. Det troliga är alltså att ledningsgatorna fungerar som spridningskorridorer för vissa arter, medan andra använder habitatet för reproduktion, vilket resulterar i att ledningsgatorna fungerar som spridningskällor (bra habitat) för närliggande habitat.

Generellt ökade artrikedomen av fjärilar i naturbetesmarker och skogsbilvägar med ökande andel skog i landskapet. Skogslandskap innehåller mer alternativa habitat än landskap med mer åkermark. I motsats till våra förväntningar fann vi inga starka effekter av landskapets sammansättning (inom 1 km eller 6 km radie) för art- och individrikedom av fjärilar i ledningsgatorna. Detta indikerar att ledningsgatorna (till skillnad från de två andra habitat) uppfyller kraven för ett flertal arter oavsett det omgivande landskapets sammansättning.

I likhet med tidigare studier fann vi att ledningsgatorna var art- och individrikare än naturbetesmarker och skogsbilvägar, vilket bekräftar deras betydelse för fjärilsfaunan. Förutom att fokusera på ledningsgatornas roll som spridningskälla för fjärilar så utvärderade vi betydelsen av övriga habitatvariabler som t.ex. korridorernas bredd, markförhållanden och förekomst av träd och buskar för artrikedomen av fjärilar i ledningsgator och skogsbilvägar. En faktor som var viktig för artrikedomen i dessa två habitat var korridorernas bredd (från <10m m i de smalaste vägarna – 200 m i de bredaste ledningsgatorna), vilket visar betydelsen av arealen öppet habitat i de studerade skogslandskapen. För skogsbilvägar kan den högre artrikedomen i breda vägar också bero på mikroklimatets betydelse (solsken och högre temperatur i breda vägar), vilket är en viktig faktor för fjärilar på nordliga latituder. I kraftledningsgator (25 – 200 m breda) är det troligt att den positiva effekten av korridorbredd, ända upp till 200 m, är en effekt av ökad habitatvariation som är kopplat till den större arealen öppet habitat.

Andra faktorer som var korrelerat till artrikedomen i både skogsbilvägar och ledningsgator var mängd lövsly längs transekten och mängd lövträd i de omgivande brynen. Detta kan bero på att flera arter är beroende av det skydd som buskarna erbjuder, vissa arter är också knutna till buskar och träd under larvstadiet. Markförhållandena (t.ex. näringsinnehåll) kan också påverka artrikedomen positivt, och lövträd indikerar goda näringsförhållanden (med förekomst av örter) i annars näringsfattiga barrskogsområden.

I ledningsgatorna var artrikedomen negativt korrelerad med mängden lövträd (kopplat till tid sedan röjning). Detta indikerar att mer frekvent röjning i ledningsgator med en artrik eller värdefull fjärilsfauna med fördel kan ske oftare än vart 6-8 år som nu är standard i de flesta ledningsgatorna. Artrikedomen var låg i ledningsgator med torr mark och en vegetation dominerad av ris, d.v.s. specifik skötsel för att gynna fjärilsfaunan bör fokusera på breda ledningsgator med frisk-fuktig mark och en gräs-ört vegetation med blommande växter.

## Inledning

Med modernt och intensifierat jordbruk blir artrika miljöer, som t.ex. naturbetesmarker, alltmer fragmenterade och isolerade i landskapet (Ihse 1995; Stoate m.fl. 2001). Detta har negativa konsekvenser för den biologiska mångfalden och olika arters chanser till överlevnad (Krebs m.fl. 1999; Öckinger och Smith 2006; Billeter m.fl. 2008). De negativa effekterna av fragmentering och isolering kan minskas genom att spridning mellan olika platser med lämpliga miljöer underlättas, t.ex. i landskap med alternativa miljöer som underlättar spridning eller är lämpliga som alternativa habitat (Eycott m.fl. 2012; Öckinger m.fl. 2012a, 2012b).

Det moderna skogsbruket, och utvecklingen av infrastruktur, har haft stora negativa konsekvenser för skogsarter knutna till gammal skog, men detta har också skapat flera habitat som kan vara värdefulla för arter knutna till öppna landskap som t.ex. olika fjärilar. Dessa habitat inkluderar hyggen, som täcker stora arealer i skogslandskap, men också linjära habitat som skogsbilvägar och kraftledningsgator som alla visat sig kunna vara bra miljöer för fjärilar (Jonason m.fl. 2010; Berg m.fl. 2011). Generellt har linjära, människoskapade habitat i landskapet en vegetation som starkt kontrasterar mot omgivande landskap. De erbjuder därför alternativa livsmiljöer för många arter knutna till öppna landskap. Dessa habitat har potential att underlätta spridning mellan olika populationer av växter och djur, och därmed öka arters chanser till långsiktig överlevnad (Diamond 1975; Bennett 1999; Jongman & Pungetti 2004). Konceptet "ekologiska korridorer" har fått stort genomslag inom fysisk planering och naturvårdsbiologi (Bennett 1999; Crooks & Sanjayan 2006), men för de flesta arter finns det fortfarande relativt lite empiriska belegg för att sådana linjära habitat fungerar som spridningskällor (överskott av individer flyttar till intilliggande habitat) eller som funktionella spridningskorridorer, d.v.s. att de faktiskt leder till ökad spridning genom landskapet (Davies & Pullin 2007; Öckinger & Smith 2008).

De senaste åren har mängden studier av värdet av spridningskorridorer för olika organismer ökat (se t.ex. Haddad m.fl. 2003; Damschen m.fl. 2006). Många av dessa studier är gjorda i experimentellt skapade korridorer (se t.ex. <http://www4.ncsu.edu/~haddad/Corridors/SRScorridor.html>). Det är därför oklart hur representativa dessa studier är för andra typer av korridorer. Vidare är många studier som visat positiva effekter av korridorer utförda i relativt korta korridorer, och de visar inte nödvändigtvis hur effektiva korridorer är över längre sträckor (Öckinger & Smith 2008).



*En mindre kraftledning kan skapa solbelysta och regelbundet röjda ytor i skogen som kan vara spridningskorridorer mellan större ledningsgator, vägar eller betesmarker.*

Det finns ett behov av studier som visar under vilka omständigheter linjära landskapselement fungerar som habitat (och potentiellt spridningskälla) och/eller spridningskorridorer för arter med olika egenskaper (Chetkiewicz m.fl. 2006). Dagfjärilar är en välkänd och lättstuderad grupp som snabbt svarar på förändringar i miljön. De är därför lämpliga modellorganismer som kan indikera effekter av olika miljöförändringar (Thomas m.fl. 2005). Att de är lätta att fånga och hantera gör dagfjärilar till en lämplig grupp för att studera spridning och rörelsemönster hos enskilda individer (t.ex. Haddad 1999; Öckinger & Smith 2008).

Kraftledningsgator har identifierats som en viktig biotop för arter knutna till öppna miljöer, som t.ex. olika fjärilar, eftersom de röjs på buskar och träd vart 6-8 år (Forester m.fl. 2005; Lensu m.fl. 2011; Komonen m.fl. 2013). I tidigare studier har vi visat att kraftledningsgatorna hyser fler arter och individer av dagflygande fjärilar än naturbetesmarker, hyggen och skogsbilvägar (Berg m.fl. 2011, 2013, Ahrné m.fl. 2011, Svensson m.fl. 2012). Arter som flyger tidigt. Arter knutna till risvegetation och arter med begränsad spridningsförmåga var speciellt gynnade av kraftledningsgator. Anledningen är troligtvis att många arter är beroende av halvöppna miljöer som kraftledningsgator och svagt hävdade naturbetesmarker som hyser en hög mångfald av växtarter som fungerar som nektarkällor och värdväxter för fjärilarnas larver (Sjödin 2007; Sjödin m.fl. 2008). Det finns dock inga tidigare studier som undersökt om kraftledningsgatorna, förutom att de tycks vara viktiga habitat för många fjärilsarter, också fungerar som spridningskällor för intilliggande habitat och om de fungerar som spridningskorridorer för vissa arter.

Kraftledningsgator som går genom skogsdominerade landskap skulle kunna utgöra viktiga spridningskällor för andra habitat i dessa landskap, speciellt som de täcker en betydande areal på nationell nivå (Grusell och Miliander 2004). Fjärilsfaunan skiljer sig mellan naturbetesmarker, skogsbilvägar och kraftledningsgator, d.v.s. alla arter som finns i naturbetesmarker och skogsbilvägar kan troligen inte leva i kraftledningsgator och vice versa. Detta innebär att kraftledningsgator inte nödvändigtvis fungerar som spridningskällor för alla arter knutna till naturbetesmarker och skogsbilvägar.



*Kraftledningsgatorna kan vara över hundra meter breda vilket gör att hundra meter kraftledning är ett hektar. Ledningarna blir inte bara spridningskorridorer utan blir också stora mängder habitat med olika fuktighetsgradienter, jordmån och vegetationstyper.*

Målsättningen med denna undersökning var att undersöka om närhet till kraftledningsgator ökar art- och individrikedomen av fjärilar i andra biotoper. Vi gjorde detta genom att inventera fjärilar på 160 platser i 23 landskap i södra Sverige. I studien jämförde vi fjärilsfaunan i naturbetesmarker och skogsbilvägar intill och på avstånd från kraftledningsgator. Dessutom jämförde vi fjärilsfaunan i kraftledningsgator (och naturbetesmarker och skogsbilvägar) i en landskapsgradient från relativt öppna landskap med

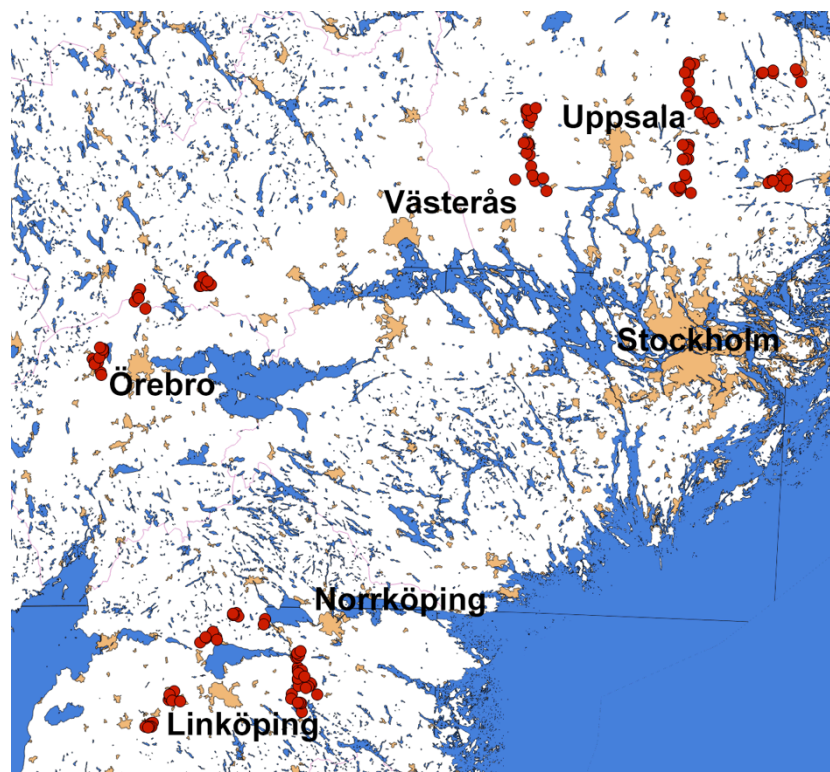
jordbruksmark till skogs-dominerade landskap för att kunna analysera om den potentiella funktionen som spridnings-källa var beroende av landskapets sammansättning. Vi undersökte också betydelsen av andra habitatfaktorer (korridor-bredd, mängd träd och buskar, markförhållanden) för artrikedomen av fjärilar i kraftledningsgator och skogsbilvägar, eftersom dessa linjära element är betydligt mindre studerade än naturbetesmarker.

Vi gjorde även detaljerade studier av några utvalda arters rörelsemönster och beteende i två utvalda landskap för att undersöka om kraftledningsgatorna fungerar som spridningskorridorer. Dessa studier inkluderade: i) flygbeteendet i kraftledningsgator, betesmarker och längs vägar med syftet att analysera om andelen individer som uppvisade snabb flykt (spridning) och födosöksflykt skiljde sig mellan kraftledningsgator, vägar och naturbetesmarker och ii) experiment med utsläpp av fångade individer vid gränsen mellan en betesmark och andra habitat för att se om de prefererade att flyga genom betesmark, skog, kraftledningsgator eller åkermark.

## Metoder

### Val av undersökningsområden till inventeringarna

Projektet initierades under hösten 2013 då 23 lämpliga landskap i 6 regioner valdes ut. Först skedde ett preliminärt urval ut med hjälp av kartor och satellitbilder. Därefter gjordes fältbesök till potentiella transekter inom de olika landskapen (6 regioner med 3-4 landskap i varje region, se Figur 1) i sydöstra Sverige. De utvalda regionerna var: Roslagen, området öster om Uppsala, området väster om Uppsala, området väster om Örebro, området öster om Linköping och området väster om Linköping.



**Figur 1.** De 160 inventerade transekterna (aggregerade i 23 landskap) i de 6 utvalda regionerna. Alla transekter syns inte tydligt pga. överlapp mellan punkterna.

Några andra regioner undersöktes också (t.ex. runt Sala och Västerås), men förkastades pga. att lämpliga naturbetesmarker inte kunde hittas. De utvalda regionerna och landskapen kan anses vara representativa för förhållandena i SO delarna av Sverige.



Varje landskap innehöll sju transekter (av 200 m längd) av olika typ:

- 1) Kraftledningsgata i skogslandskap med uppvuxen skog intill.
- 2) Kraftledningsgata i skogslandskap med hyggen intill.
- 3) Kraftledningsgata i mosaiklandskap (jordbruksmark och skog)
- 4) Naturbetesmark nära (< 300m) en kraftledningsgata.
- 5) Naturbetesmark på större avstånd (>300m) från en kraftledningsgata.
- 6) Skogsbilväg nära (<300m) en kraftledningsgata.
- 7) Skogsbilväg på större avstånd (>300m) från en kraftledningsgata.

Totalt inventerades 160 transekter under våren och sommaren 2014. Transekterna låg i landskap av olika typ, från jordbruksområden (t.ex. runt Linköping och Uppsala) till landskap dominerade av större skogsområden (t.ex. i norra Uppland och norra Östergötland). Detta möjliggjorde att undersöka om kraftledningsgatorna, naturbetesmarkerna och skogsbilvägarna uppvisade olika fjärilsfauna i skogsdominerade områden jämfört med fragmenterade landskap med mer åkermark.



*Skogsbilväg i Uppland med mängder av flygande insekter. Vägar kan emellanåt hysa stor diversitet av fjärilar*

## Val av undersökningsområden till detaljstudierna av beteende och rörelsemönster

Arbetet bestod av två delstudier: i) Studier av flygbeteende i olika biotoper och ii) Studie av fjärilars beteende vid biotopgränser. Studien av typ av flykt genomfördes vid Bjäsäter (Östergötland) och Edinge/Lydinge (Uppland). Studieområdena bestod av en naturbetesmark i centrum, en kraftledningsgata som anknöt till naturbetesmarken, samt andra öppna (och halvöppna) gräsmarker (t. ex vägar). Delstudien om beteende vid biotopsgränser genomfördes vid Skoby/Alunda (Uppland) och Vikingstad (Östergötland).

## Biotopkarteringar i de inventerade transekterna

Biotopkarteringar genomfördes enligt den metodik som användes i ett projekt med inventeringar av fåglar i kraftledningsgator (Berg och Svensson 2011), eftersom det är en enkel metod med vilken en beskrivning av transekten och omgivande miljöer fås med en relativt liten arbetsinsats.

I varje 200 m transekt karterades olika variabler i fyra 50 m segment (50 x 10 m), inkluderande de intilliggande skogsbrynen för kraftledningsgator och skogsbilvägar. För varje variabel användes medelvärdet från de fyra segmenten som ett mått för hela transekten. Följande variabler inkluderades:

Kraftledningens och skogsbilvägarnas bredd, och betesmarkernas area. Ett flertal variabler (se nedan) uppskattades som täckningsgrad (i 10 % intervall) av transektens yta. Detta inkluderade: täckningsgraden av olika buskar (< 3 m höga, uppdelat på lövsly, barrsly och enbuskar) och barrträd resp. lövträd (>3 m höga), och mängden liggande röjt sly på marken. Marken klassificeras som berghåll, dominerad av kort vegetation ( $\leq 3$  dm), eller hög vegetation ( $> 3$  dm). Fuktighetsgraden klassificeras som torr, frisk eller fuktig. Vegetationen klassades som dominerad av ris, ensartad gräsvegetation eller gräs/örtvegetation. Skogens ålder (i brynen för skogsbilvägar och kraftledningensgator) klassificerades i fyra kategorier (ungskog, röjningsskog, gallringsskog, mogen skog) och dessutom uppskattades proportionen av lövträd och barrträd i brynen.

Täckningen av blommande kärlväxter (alla arter kombinerade) uppskattades för varje segment vid varje besök till närmaste % enligt en metod använd vid miljöövervakning av fjärilar i naturbetesmarker i Sverige (NILS, se Cronvall 2014). Dessa uppskattningar upplevdes som svåra att göra korrekt så vi klassificerade blomrikedomen i tre klasser i analyserna: i) nästan inga blommor 0-0.5 %, ii) begränsat med blommor (0.6-1%) och mycket blommor ( $> 1\%$ ).

För att analysera hur det omgivande landskapet påverkar fjärilsfaunan i de olika biotoperna använde vi oss av GSD-Marktäckedata, som är en databas med information om markanvändning och vegetation ([www.lantmateriet.se](http://www.lantmateriet.se)). Vi tog fram marktäckedata för cirklar med radien 1 km resp. 6 km kring mittpunkten på varje 200 m transekt som ett mått på landskapets sammansättning. Vi beräknade andelen skog i landskapet som:  $\text{skogsareal}/(\text{skogsareal} + \text{areal åkermark})$  inom 1 och 6 km radie. Vi beräknade också andelen naturbetesmark inom 1 och 6 km radie, men detta mått var starkt negativt korrelerat till andelen skogsmark ( $r = -0.6$ ) och användes därför inte i analyserna.

## Fjärilsinventeringar

Dagaktiva fjärilar (Papilionoidea and Hesperoidea) och bastardsvärmare (Zygaenidae), inventerades längs en 200 m lång transekt indelad i 50 m segment placerade i rad efter varandra (utom i 2 betesmarker där de var separerade p.g.a. att de naturgivna förhållandena inte tillät en hel transekt). Totalt inventerades 180 segment i 45 naturbetesmarker, 276 segment i 69 kraftledningensgator och 184 segment i 46 skogsbilvägar.

De 160 (200 m långa) transekterna inventerades vid fyra tillfällen under vår och sommar 2014: Period I (15 maj – 3 juni), period II (4 juni – 23 juni), period III (24 juni – 13 juli) och period IV (14 juli – 2 augusti). I tidigare undersökningar var antalet besök sju (Berg m.fl. 2011, 2013), men det högre antalet besök tillförde inte så mycket (92 % av arterna noterades efter 3 av de totalt 7 besöken, se Ahrné m.fl. 2011). I denna studie prioriterades istället att inkludera så många landskap och transekter som möjligt för att kunna utvärdera de olika habitatens betydelse för fjärilar i olika landskapstyper. Transekterna besöktes i olika ordning vid de fyra besöken för att undvika effekter beroende på skillnader i fjärlarnas aktivitetsmönster kopplat till tid på dagen. Inventeringarna skedde mellan 9:00 och 17:00 under dagar utan nederbörd, med en temperatur över  $17^{\circ}\text{C}$  och vind under  $8\text{ m s}^{-1}$ .

Fjärilarna inventerades med en modifierad variant (se Öckinger & Smith 2006) av den transektmetod som beskrivits av Pollard (1977). Alla individer inom 5 m på båda sidor, framför och ovanför observatören noterades under långsam promenad (5 – 15 minuter per 200 m beroende på mängden fjärilar). Fjärilar som inte kunde identifieras fångades om möjligt med håv och släpptes efter identifiering.

## Detaljerade studier av beteenden

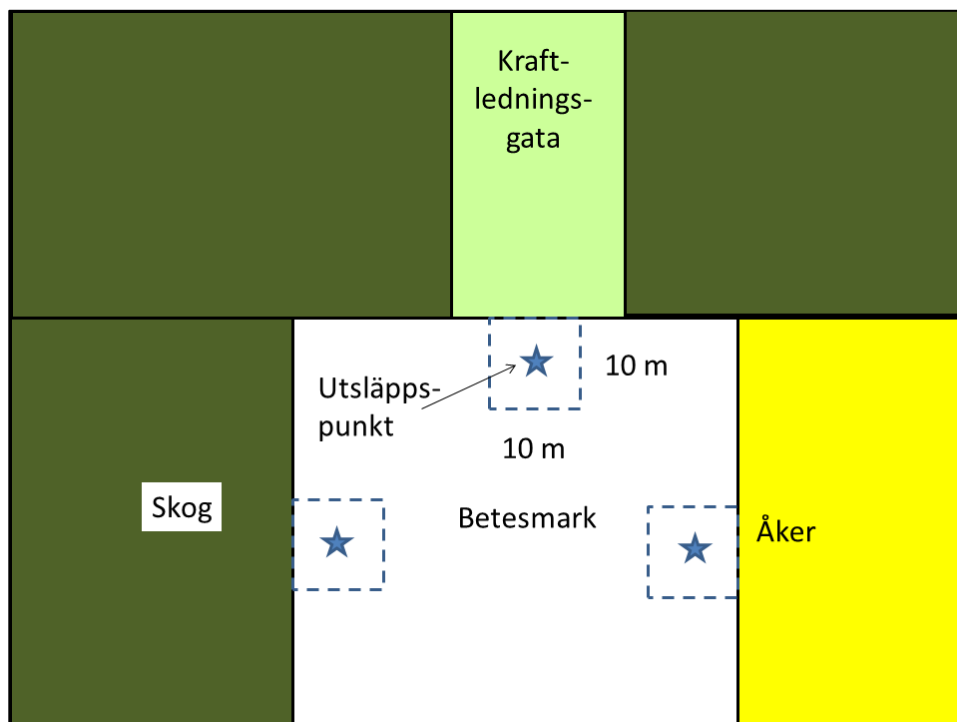
Pärigräsfjäril, luktgräsfjäril och slåtter-gräsfjäril användes som modellarter i studien av beteenden hos utsläppta individer vid habitatsgränser i betesmarkerna. Pärigräsfjäril, luktgräsfjäril och skogsnätfjäril användes som modellarter i studierna av flygbeteenden i kraftledningsgator, längs vägar och i naturbetesmarker.

## Studie av fjärilars beteende vid biotopgränser.

Studien genomfördes under totalt 5 – 6 dagar, uppdelade på 2 – 3 dagar i slutet av juni, och 2 – 3 dagar i början av juli. Temperaturen var minst 17 °C vid solsken eller 20 °C vid molnigt väder, vindarna svaga till måttliga vindar och det regnade inte under de dagar studien genomfördes. Ett antal individer (116 – 344) av de tre arterna fångades. Kön och vingslitage ("ålder") noterades och de märktes individuellt (varje individ användes bara en gång). Infångade individer förvarades svalt i en kylväska (i en burk) innan de släpptes ut och deras beteende noterades vid utsläpp. I varje undersökningsområde (betesmark) markerades tre kvadrater (10 × 10 m): en med den ena sidan gränsande till skog (och de andre tre sidorna mot betesmarken), en med den ena sidan gränsande mot åker/öppen mark, och den tredje kvadraten med en sida gränsande mot en kraftledningsgata (se Fig. 2).



Luktgräsfjäril (*Aphantopus hyperantus*)



**Figur 2.** Schematisk skiss över undersökningsområdet där beteendestudierna vid biotopgränser genomfördes.

Fjärilarna släpptes i mitten av 10 x 10 m rutorna efter att de fått värma upp sig och spontant flyga ut ur burken de förvarades i. Varje individ följdes med blicken tills den lämnat rutan (max 5 minuter väntan om den stannade kvar inom rutan) och befann sig minst 10 m utanför rutan. Det noterades om fjärilen lämnade rutan genom att flyga i betesmark, skog, åker eller kraftledningsgata. Det noterades också om fjärilen fortsatte flyga bort eller om den vände tillbaka.

Studier av flygbeteende i olika biotoper

De aktuella arternas beteende studerades i olika biotoper inom studieområdet för fångst-återfångststudien vid ett tillfälle (1 h) under studieperioden i den centrala betesmarken, kraftledningsgatan och en (ört-/blomrik) väggkant. Observationerna gjordes mellan 10:00 och 15:00 under dagar med temperaturer >20°C och svag vind. Data från de två undersökningsområdena slogs samman.

För varje fjärilsindivid (av de aktuella arterna) noterades vad fjärilen gjorde när den först observerades: Sittande i vegetationen, blombesök, äggläggning, parning, flygande - sökande efter blommor eller äggläggningsplats, snabb rak flykt. Vi analyserade sedan om något habitat användes oftare för snabb rak flykt (spridning) än för normal födosöksflykt.

## Statistik

Resultaten i denna rapport är baserad på olika typer av statistik. Vi presenterar för det mesta inga detaljer om de statistiska testerna i rapporten, men för den intresserade finns metoderna beskrivna i Appendix 2. När ett resultat anges som signifikant betyder det att sannolikhetsvärdet för att resultat skulle uppstå av en slump var mindre än 5 % ( $p < 0.05$ ), vilket är den vanligaste gränsen för att avgöra när ett resultat kan anses som signifikant. I några fall har resultaten varit på gränsen till signifikanta ( $p < 0.10$ ).

## Resultat

Art och individrikedom i olika habitat

En analys av artrikedom och individrikedom i de tre huvudhabitaterna (kraftledningsgator, skogsbilvägar och naturbetesmarker) visade att kraftledningsgator hade signifikant högre art- och individrikedom än de två andra habitaterna. Det fanns däremot ingen skillnad i art- och individrikedom mellan naturbetesmarker och skogsbilvägar (Fig. 2, Tabell 1).

**Tabell 1.** Artantal och individantal (medel  $\pm$ SE) antal i de sju olika habitattyperna.

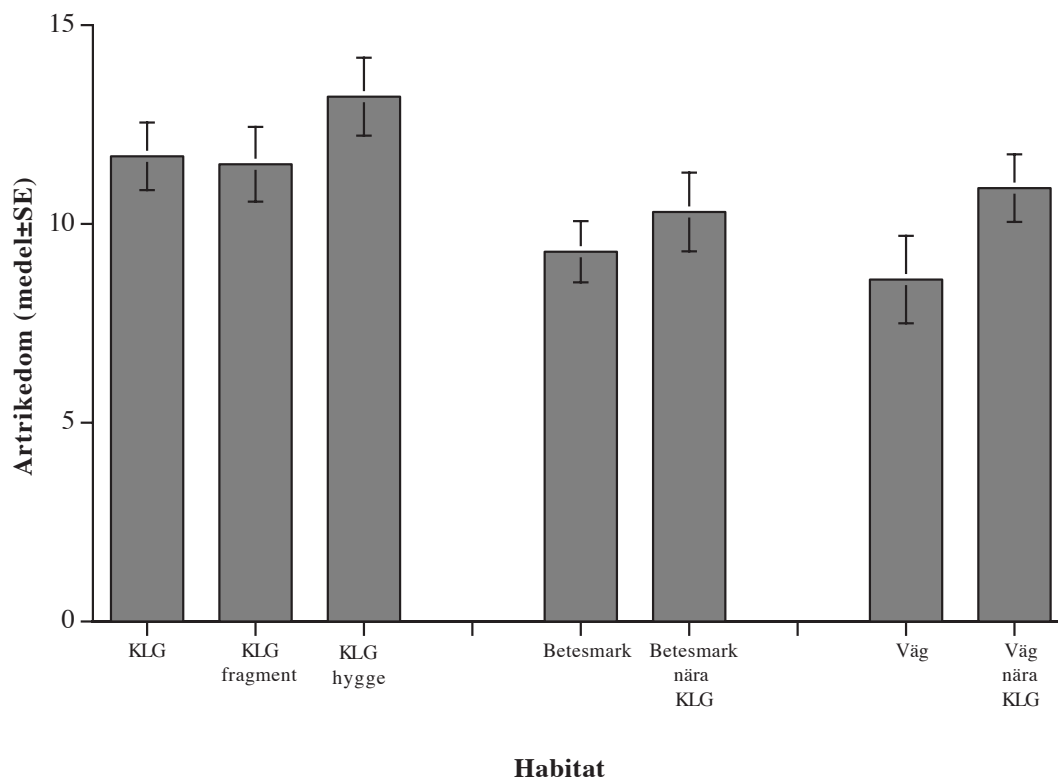
Habitat	Artantal ( $\pm$ SE)	Individantal
Ledningsgator i skogslandskap	11.70 (0.06)	36.4 (4.35)
Ledningsgator i mosaiklandskap	11.48 (0.09)	37.2 (5.09)
Ledningsgator i skogslandskap intill hyggen	13.22 (0.09)	41.5 (4.93)
Naturbetesmark	9.32 (0.08)	23.2 (3.09)
Naturbetesmark nära ledningsgata	10.26 (0.10)	32.1 (4.63)
Skogsbilväg	8.57 (0.10)	22.0 (3.57)
Skogsbilväg nära ledningsgata	10.87 (0.09)	33.0 (4.46)

En mer detaljerad analys (som tog hänsyn till hur nära olika platser låg varandra, s.k. rumslig autokorrelation) av skillnaderna mellan de sju habitattyperna visade att skogsbilvägar och naturbetesmarker nära kraftledningsgator hyste fler arter och individer än skogsbilvägar och naturbetesmarker som låg längre ifrån kraftledningsgator (Fig. 2, Tabell 1). Den positiva effekten av närhet till kraftledningsgator fanns på avstånd upp till 700-800 m då den tycktes klinga av. Skillnad i artrikedom mellan de tre typerna av kraftledningsgator var däremot ganska små (se Fig. 2 och Tabell 2).



*Ålggräspärlemorffjäril (Brenthis ino) är en relativt vanlig art, speciellt på fuktiga marker, i denna studie, i närhet till skog eller hygge.*

Skogsbilvägar och naturbetesmarker nära och på avstånd från kraftledningsgator hade en liknande sammansättning av arter, vilket betyder att skillnaderna i art- och individrikedom mellan dessa habitat (se ovan) inte var kopplad till vilka arter som förekom där. Detta indikerar att kraftledningsgator kan fungera som spridningskällor för fjärilar som finns i skogsbilvägar och naturbetesmarker.



**Figur 2.** Artrikedom (medel ± S.E.) av fjärilar i de tre typerna av ledningsgator, de två typerna av naturbetesmarker och de två typerna av skogsbilvägar. KLG=kraftledningsgata. Fragment syftar på kraftledningsgator som ligger i mosaiklandskap med mer jordbruksmark.

## Effekter av mängd skog på landskapsnivå på artrikedom

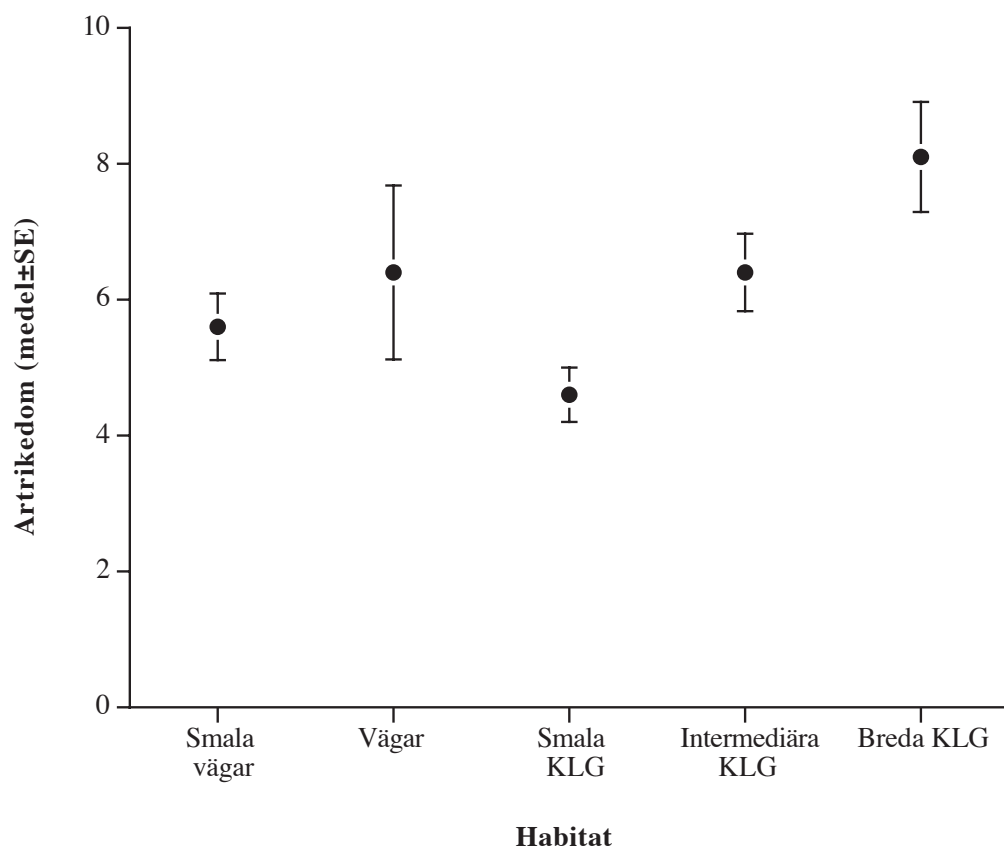
Artrikedomen i två av de tre huvudhabitaterna var signifikant korrelerad med mängden skog på landskapsnivå, både inom 1 km och 6 km radie. Separata analyser för de tre habitattyperna visade att det inte fanns någon signifikant effekt av mängden skog på artrikedomen i kraftledningsgatorna på något av avstånden. Artrikedomen i naturbetesmarker ökade med ökande mängd skog i landskapet (inom 1 km radie men inte inom 6 km radie). Artrikedomen i skogsbilvägar ökade med ökande mängd skog i landskapet (inom 6 km radie men inte inom 1 km radie), se Tabell 2.

**Tabell 2.** Artantal och individantal (medel  $\pm$ SE) i de tre huvudhabitaterna i skogsdominerade landskap (>63 % skog inom 6 km radie) och i landskap med mindre skog (<63 %).

Huvudhabitat	Skogslandskap	Mosaiklandskap
Ledningsgata	12.67 (0.70)	11.64 (0.80)
Naturbetesmark	10.83 (0.96)	9.11 (0.82)
Skogsbilväg	10.89 (0.88)	7.89 (1.00)

### Effekter av andra habitatvariabler på artrikedomen i kraftledningsgator och skogsbilvägar

Artrikedomen av fjärilar i kraftledningsgator och skogsbilvägar var positivt korrelerade till vägarnas och ledningsgatornas bredd och förekomsten av blommande växter (Tabell 3). Artrikedomen i kraftledningsgator ökade linjärt från smala ledningsgator, över intermediära gator, till breda ledningsgator (Fig. 4), vilket tyder på att tillgänglig areal öppet habitat med blommande växter hade en begränsande effekt i de studerade landskapen och trots vägarnas begränsade bredd var artrikedomen i dessa habitat relativt hög. Effekten av vägarnas bredd påverkade artrikedomen signifikant, trots stor variation i artrikedom mellan olika platser för de lite bredare vägarna (vilket indikerar att också andra faktorer var viktiga).



**Figur 4.** Artrikedom (medel $\pm$ SE) av fjärilar i smala skogsbilvägar (<10 m), skogsbilvägar (11 – 20 m), smala kraftledningsgator (25 – 55 m), intermediära kraftledningsgator (60 – 100 m) och breda kraftledningsgator (>100 m). KLG=kraftledningsgator.

En annan faktor som var viktig både i kraftledningsgator och i skogsbilvägar var förekomsten av lövsly längs transekterna och mängden lövträd i de angränsande brynen (Tabell 3). Trots de starka effekterna av vägarnas och ledningsgatornas bredd fanns ingen signifikant effekt av den omgivande skogens ålder (varierade från kalhyggen till mogen skog), se Tabell 3.



*En kraftledningsgata som röjdes året innan. Vegetationen har precis kommit genom de fällda, framför allt, ungbjörkriset som ger ett gråaktigt intryck.*

I kraftledningsgatorna var artrikedomen negativt korrelerad till mängden lövträd i själva ledningsgatan (hög artrikedom i nyligen röjda ledningsgator), vilket indikerar att röjningsfrekvensen i ledningsgatorna har en stor påverkan på artrikedomen av fjärilar. Artrikedomen i ledningsgatorna var dessutom negativt korrelerad till andelen torr mark, risvegetation och klipphällar, d.v.s. dessa områden var artfattigare än friska-fuktiga marker med gräs och örter.

**Tabell 3.** Samband mellan artrikedom av fjärilar och olika habitatvariabler i ledningsgator och skogsbilvägar. + anger positiv effekt och – negativ effekt.

	Kraftledningsgator	Skogsbilvägar
Längs transekten		
Bredd	+++	++
Mängd blommor	++	+++
Lövsly	++	++
Barrsly		(+)
Enbuskar		-
Röjt sly		
Barrträd		-
Lövträd	--	
Berghäll	--	
Kort vegetation		--
Lång vegetation		++
Torr mark	--	
Frisk mark		
Fuktig mark		
Täckningsgrad ris		-
Täckningsgrad gräs		
Täckningsgrad gräs/örter		+
Omgivande skogsbryn		
Hygge		
Ungskog		+
Röjnings/gallringsskog		
Mogen skog		
Lövträd i omgivningen	+	++
Barrträd i omgivningen	--	--

+/- =  $p < 0.05$ , ++/-- =  $p < 0.01$  och +++/--- =  $p < 0.001$  i statistiska tester.

I skogsbilvägarna var artrikedomen också (förutom korrelationen till lövsly) positivt korrelerad till hög markvegetation med gräs och örter, medan förekomst av ris uppvisade ett negativt samband med artrikedomen (Tabell 3).

## Detaljerade studier av fjärilars beteenden

### **Studie av fjärilars beteende vid biotopgränser**

Fördelningen av flygriktningar av utsläppta fjärilar utsläppta vid kanten av naturbetesmarker mot åkermark, skogsmark och kraftledningshabitat, skiljde sig inte signifikant för luktgräsfjäril och pärlgräsfjäril, men skogsnätfjäril uppvisade skillnader. Färre individer skogsnätfjäril än förväntat lämnade betesmarken genom att flyga ut över åkermark, medan andelen som lämnade betesmarken via skogsmark och kraftledningsgator inte skiljde sig signifikant från slumpmässiga rörelser. Denna art tycktes alltså undvika öppen åkermark.



*Skogsnätfjäril (Melitaea athalia) en art som är vanlig i skogslandskap, men undviker öppna landskap.*

### **Studier av flygbeteende i olika biotoper**

Totalt studerades 344 luktgräsfjärilar, 222 pärlgräsfjärilar och 116 skogsnätfjärilar i denna delstudie. Antal skogsnätfjärilar som observerades i snabb spridningsflykt var signifikant högre än förväntat i kraftledningsgator, och signifikant lägre än förväntat i naturbetesmarker. Andelen luktgräsfjärilar och pärlgräsfjärilar i snabb spridningsflykt skiljde sig inte signifikant mellan de tre habitattyperna. Om bara naturbetesmarker och kraftledningsgator jämfördes fanns det en tendens till hög andel individer med snabb spridningsflykt hos luktgräsfjärilar i kraftledningsgator, men inte för pärlgräsfjärilar (Appendix 3).



## Diskussion

Kraftledningsgator tycks fungera som spridningskälla för fjärilar i skogsbilvägar och naturbetesmarker eftersom både art- och individrikedom var signifikant högre i transekter nära kraftledningsgator än i transekter långt ifrån ledningsgatorna. Denna effekt fanns på avstånd upp till 700-800 m från kraftledningsgatorna, dvs ledningsgatorna har en positiv effekt på fjärilsfaunan i stora omgivande landskapsavsnitt. Dessutom var artsammansättningen liknande i transekter nära och på avstånd från ledningsgatorna, vilket tyder på att ökningen i art- och individrikedom inte berodde på en ökning av arter som normalt inte förekommer i större omfattning på skogsbilvägar och naturbetesmarker.

De analyser vi genomfört när det gäller rörelsemönster och beteenden hos individer av de utvalda arterna (se resultat och metoder) tyder på att det är stor skillnad mellan olika arter, vissa arter (t.ex. pärlgräsfjäril) tycks använda ledningsgatorna för födosök (och därmed troligen också reproduktion), luktgräsfjäril kan enligt våra resultat möjligen också använda ledningsgatorna för spridningsflykt medan skogsnätfjärilen gör det. Det troliga är alltså att ledningsgatorna fungerar som spridningskorridorer för vissa arter, medan ett flertal arter använder ledningsgatorna för reproduktion och att de fungerar som spridningskällor (bra habitat som producerar överskott av individer) hos dessa arter. De flesta tidigare studier av spridningskorridorer har gjorts på en mindre skala och där märkta individer följts i några, ofta experimentellt skapade, korridorer (Haddad 1999; Söderström och Hedblom 2007) och där har man kommit till liknande slutsatser. Tidigare studier har också visat att en viss typ av spridningskorridor inte fungerar för alla arter och att faktorer som påverkar spridning skiljer mellan arter med olika habitatkrav eller olika spridningskapacitet (Söderström & Hedblom 2007; Dennis m.fl. 2013). Mer detaljerade studier av individmärkta fjärilar behövs för att i detalj belysa kraftledningsgatornas roll som habitat respektive spridningskorridorer.

Generellt ökade artrikedomen av fjärilar i naturbetesmarker och skogsbilvägar med ökande andel skog i landskapet (men på olika skalor, se Tabell 2). Andra studier har, liksom vår studie, visat starka effekter av landskapets sammansättning på ganska stora skalor (t.ex. 5 km radie, se Bergman m.fl. 2004). Skogslandskap innehåller mer alternativa habitat än jordbrukslandskap och mosaiklandskap med en blandning av åkermark och skog, vilket också visats i tidigare studier (Bergman m.fl. 2008; Öckinger m.fl. 2011, 2012). I motsats till våra förväntningar fann vi inga starka effekter av landskapets sammansättning, eller typ av intilliggande habitat, för art- och individrikedom av fjärilar i ledningsgatorna. Detta indikerar att ledningsgatorna uppfyller kraven för ett flertal arter oavsett det omgivande landskapets sammansättning. Skogslandskap tycks alltså erbjuda alternativa habitat och resurser, vilket troligen också bidrog till en mindre skillnad mellan habitat nära resp. långt från ledningsgator i skogslandskap jämfört med mer öppna landskap. Detta indikerar att ledningsgatornas funktion som spridningskälla (och spridningskorridor) för fjärilar kan reduceras av förekomst av alternativa habitat som hyggen och skogsbilvägar (Bergman m.fl. 2008; Ibbe m.fl. 2012).

I likhet med tidigare studier (Berg m.fl. 2011) fann vi att ledningsgatorna var både art- och individrikare än naturbetesmarkerna och skogsbilvägarna, vilket bekräftar deras betydelse för fjärilsfaunan. Förutom att fokusera på ledningsgatornas roll som spridningskälla för fjärilar så utvärderade vi betydelsen av övriga habitatvariabler som t.ex. korridorernas bredd, markförhållanden och förekomst av träd och buskar för artrikedomen av fjärilar i ledningsgator och skogsbilvägar (Tabell 3). En faktor som var viktig för artrikedomen i dessa två habitat var korridorernas bredd (från 5 m i de smalaste vägarna – 200 m i de bredaste ledningsgatorna (Fig. 4), vilket indikerar betydelsen av arealen öppet habitat i de studerade skogslandskapen (Jonason m.fl. 2010). För skogsbilvägar kan den högre artrikedomen i breda vägar också bero på mikroklimatet (solsken och högre temperatur i breda vägar), vilket är en viktig faktor för fjärilar på nordliga breddgrader (Eilers m.fl. 2013). I kraftledningsgator (25 – 200 m breda) är det troligt att den positiva effekten av korridorbredd ända upp till 200 m är en effekt av ökad habitatvariation som är kopplat till den större arealen öppet habitat (Flick m.fl. 2012).

Andra faktorer som var korrelerat till artrikedomen i både skogsbilvägar och ledningsgator inkluderade mängd lövsly längs transekten och mängd lövträd i de omgivande brynen (Tabell 3). Detta kan bero på att flera arter är beroende av det skydd som buskarna erbjuder (Dover m.fl. 1997), vissa arter är också knutna till buskar och träd under larvstadiet (Berg m.fl. 2013). Markförhållandena (t.ex. näringsrikedom) kan också påverka artrikedomen positivt, och lövträd indikerar goda näringsförhållanden i annars ganska näringsfattiga barrskogsområden. Tidigare studier har visat att måttligt näringsrika marker har en högre artrikedom av insekter än näringsfattiga marker (Seto m.fl. 2003), troligen beroende på att dessa marker har en rikare markvegetation med fler blommande örter.

I ledningsgatorna var artrikedomen negativt korrelerad med mängden lövträd (kopplat till tid sedan röjning), se Tabell 3. Detta indikerar, liksom tidigare studier, att mer frekvent röjning i ledningsgator med en artrik eller värdefull fjärilsfauna med fördel kan ske oftare än vart 6-8 år som nu är standard i de flesta ledningsgatorna. Ett intervall om 3-4 år har föreslagits som optimalt i tidigare undersökningar (Komonen m. fl. 2013), men detta kan vara beroende på markförhållanden och tillväxthastighet hos träden. Ett annat resultat var att artrikedomen var låg i ledningsgator med torr mark och dominans av risvegetation, d.v.s. skötsel för att gynna fjärilsfaunan bör fokusera på områden med frisk-fuktig mark och en gräs-ört vegetation med blommande växter. Detta kan tillsammans med kartläggningen av värdefulla miljöer (örtrik ängsvegetation) i kraftledningsgatorna, som genomförs av Svenska Kraftnät (Grusell och Miliander 2004) användas för att identifiera områden lämpliga för röjning av träd och buskar med kortare tidsintervall än 6-8 år.



*Kvickgräsfjäril (Pararge aegeria) var tillsammans med videfuks (Nymphalis xanthomelas) den enda art som bara hittades vid vägar.*

## Referenser

- Ahrné, K., Berg, Å. och Svensson, R. 2011. Miljöövervakning av dagfjärilar – en jämförelse mellan betesmarker och tre typer av skogsbiotoper. CBMs skriftserie no 45, Centrum för biologisk mångfald, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bennett, A.F. 1999. Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN Publications Services Unit, Cambridge.
- Berg, Å. och Svensson, R. 2011. Fågelfaunan i kraftledningsgator – effekt av skötsel och omgivande landskap. CBM:s skriftserie nr 57. Centrum för Biologisk Mångfald, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Berg, Å., Ahrné, K., Öckinger, E., Svensson, R. och Söderström, B. 2011. Butterfly distribution and abundance is affected by variation in the Swedish forest-farmland landscape. *Biological Conservation* 144: 2819-2831.
- Berg, Å., Ahrné, K., Öckinger, E., Svensson, R. och 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: 639-657.
- Bergman, K.O., Ask, L., Askling, J., Ignell, H., Wahlman, H. och Milberg, P. 2008. Importance of boreal grasslands in Sweden for butterfly diversity and effects of local and landscape factors. *Biodiversity and Conservation* 17: 139-153.
- Bergman, K.O., Ask, L., Ekberg, O., Ignell, H., Wahlman, H. och Milberg, P. 2004. Landscape effects on butterfly assemblages in an agricultural region. *Ecography* 27: 619-628.
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekötter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M., Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Koolstra, B., Lausch, A., Le Coeur, D., Maelfait, J.P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann, A., Schermann, N., Schmidt, T., Schweiger, O., Smulders, M. j. m., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., Van Wingerden, W. K. R. E., Zobel, M. and Edwards, P. J. 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, 45, 141–150.
- Chetkiewicz, C.L.B., St Clair, C.C. och Boyce, M.S. 2006. Corridors for conservation: integrating pattern and process. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37:317–342.
- Cronvall, E. (ed.). 2014. Fältinstruktion för fjärilar, humlor, grova träd och lavar i ängs- och betesmarker (in Swedish). Department of Forest Resource Management, The Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå.
- Crooks, K.R. och Sanjayan, M.A. 2006. Connectivity conservation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Damschen, E.I., Haddad, N.M., Orrock, J.L., Tewksbury, J.J. och Levey, D.J. 2006. Corridors increase plant species richness at large scales. *Science* 313:1284–1286.
- Davies, Z.G. och Pullin, A.S. 2007. Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. *Landscape Ecology* 22:333–351.
- Dennis, R.L.H., Dappporto, L., Dover, J. W. och Shreeve, T. G. 2013. Corridors and barriers in biodiversity conservation: a novel resource-based habitat perspective for butterflies. *Biodiversity and Conservation* 22: 2709-2734.
- Diamond, J.M. 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation* 7:129–146.
- Dover, J., Sparks, T.H. och Greatorex-Davies, J.N. 1997. The importance of shelter for butterflies in open landscapes. *Journal of Insect Conservation* 1: 89-97.
- Dubé, C., Pellerin, S. och Poulin, M. 2011. Do power-line rights-of-way facilitate the dispersal on non-peatland and invasive plants in bogs and fens? *Botany* 89:91-103.
- Eilers, S., Pettersson, L. B., och Öckinger, E. 2013. Micro-climate determines oviposition site selection and abundance in the butterfly *Pyrgus armoricanus* at its northern range margin. *Ecological Entomology* 38: 183-192.
- Eycott, A.E., Stewart, G.B., Buyung-Ali, L.M., Bowler, D.E., Watts, K. och Pullin, A.S. 2012. A meta-analysis of the impact of different matrix structure on species movement rates. *Landscape Ecology* 27: 1263-1278.
- Flick, T., Feagan, S. och Fahrig, L. 2012. Effects of landscape structure on butterfly species richness and abundance in agricultural landscapes in eastern Ontario, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 156: 123–133.
- Forrester, J.A., Leopold, D.J. och Hafner, S.D. 2005. Maintaining critical habitat in a heavily managed landscape: effect of power line corridor management on Karner blue butterfly (*Lycaeides melissa samuelis*) habitat. *Restoration Ecology* 13: 488-498.

- Grusell, E. och Miliander, S. 2004. *GIS-baserad identifiering av artrika kraftledningsgator inom stamnätet*. Rapport Svenska kraftnät nr 1960900, Vällingby (in Swedish).
- Haddad, N.M. 1999. Corridor and distance effects on interpatch movements: a landscape experiment with butterflies. *Ecological Applications* 9: 612-622.
- Haddad, N.M. och Baum, K. 1999. An experimental test of corridor effects on butterfly densities. *Ecological Applications* 9: 623-633.
- Haddad, N.K., Rosenberg, D.K. och Noon, B.R. On experimentation and the study of corridors: response to Beier and Noss. *Conservation Biology* 14: 1543-1545.
- Haddad, N.M., Bowne, D.R., Cunningham, A., Danielson, B., Levey, D., Sargent, S. och Spira, T. 2003. Corridor use by diverse taxa. *Ecology* 84:609-615.
- Ibbe, M., Milberg, P., Tunér, A. och Bergman, K-O. 2011. History matters: Impact of historical land use on butterfly diversity in clear-cuts in a boreal landscape. *Forest Ecology and Management* 261: 1885-1891.
- Ihse, M. 1995. Swedish agricultural landscapes — patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning*: 31, 21-37.
- Jonason, D., Milberg, P. och Bergman, K.O. 2010. Monitoring of butterflies within a landscape context in south-eastern Sweden. *Journal for Nature Conservation* 18: 22-33.
- Jongman, R. och Pungetti, G. 2004. *Ecological networks and greenways: concept, design, implementation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jordbruksverket, 2008. *Ångs- och betesmarker – en genomgång av tillgänglig statistik*. Jordbruksverket, Rapport 2008:30, Jönköping (in Swedish).
- Komonen, A., Lensu, T. och Kotiaho, J.S. 2013. Optimal timing of power line right-of-way management for conservation of butterflies. *Insect Conservation and Diversity* 4: 522-529.
- Krebs, J.R., Wilson, J.D., Bradbury, R.B. och Siriwardena, G.M. 1999. The second Silent Spring? *Nature*, 400: 611-612.
- Kunte, K. 2007. Competition and species diversity: removal of dominant species increases diversity in Costa Rican butterfly communities. *Oikos* 117: 69-76.
- Lensu, T., Komonen, A., Hiltula, O., Päivinen, J., Saari, V. och Kotiaho, J.S. 2011. The role of power line rights-of- way as an alternative habitat for declined mire butterflies. *Journal of Environmental Management* 92: 2539-2546.
- Oksanen, J. Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens M. H. H., och Wagne, H. 2013. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation* 12: 115-134.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Saarinen, K., Valtonen, A., Jantunen, J. och Saarnio, S. 2005. Butterflies and diurnal moths along road verges: does road type affect diversity and abundance? *Biological Conservation* 123: 403-412.
- Seto, K.C., Fleishman, E., Fay, J. P. och Betrus, C.J. 2003. Linking spatial patterns of bird and butterfly species richness with Landsat TM derived NDVI. *International Journal of Remote Sensing* 25: 4309-4324.
- Sjödin, N.E. 2007. Pollinator behavioural responses to grazing intensity. *Biodiversity and Conservation* 16: 2103-2121.
- Sjödin, N.E., Bengtsson, J. och Ekbom, B. 2008. The influence of grazing intensity and landscape composition on the diversity and abundance of flower-visiting insects. *Journal of Applied Ecology* 45: 763-772.
- Stoate, C., Boatman, N., Borralho, R., Carvalho, C.R., Snoo, G.R. d. och Eden, P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63: 337-365.
- Svensson, R., Berg, Å. och Ahrné, K. 2012. *Dagfjärilar och blommande växter i kraftledningsgator och naturbetesmarker*. CBMs skriftserie, Centrum för biologisk mångfald, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Söderström, B. och Hedblom, M. 2008. Comparing movement of four butterfly species in experimental grassland strips. *Journal of Insect Conservation* 11:333-342.
- Söderström, B. 2006. *Svenska fjärilar, en fälthandbok*. Albert Bonniers Förlag AB, Stockholm (in Swedish).
- Thomas, J.A., Telfer, M. G, Roy, D.B., Preston, C.D., Greenwood, J.J.D., Asher, J., Fox, R., Clarke, R.T., och Lawton, J.H. 2004. Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879-1881.

- Öckinger, E. och Smith, H. 2008. Do corridors promote dispersal in grassland butterflies? *Landscape Ecology* 23: 27-40.
- Öckinger, E. och Smith, H. 2006. Landscape composition and habitat area affects butterfly species richness in semi-natural grasslands. *Oecologia* 149: 526-534.
- Öckinger, E., Franzén, M., Rundlöf, M. och Smith, H.G. 2009. Mobility-dependent effects on species richness in fragmented landscapes. *Basic and Applied Ecology* 10: 573-578.
- Öckinger, E., Schweiger, O., Crist, T.O. Debinski, D.M., Krauss, J., Kuussaari, M., Petersen, J.D., Pöyry, J., Settele, J., Summerville, K.S. och Bommarco, R. 2010. Life-history traits predict species responses to habitat area and isolation – A cross-continental synthesis. *Ecology Letters*, 13: 969-979.
- Öckinger, E., Bergman, K.O., Franzen, M., Kadlec, T., Krauss, J., Kuussaari, M., Pöyry, J., Smith, H.G., Steffan-Dewenter, I. och Bommarco, R. 2012a. The landscape matrix modifies the effect of habitat fragmentation in grassland butterflies. *Landscape Ecology* 27: 121-131.
- Öckinger, E., Lindborg, R., Sjödin, N.E. och Bommarco, R. 2012b. Landscape matrix modifies richness of plants and insects in grassland fragments. *Ecography* 35: 259-267.

**Appendix 1. Abundans (medel ± SE) för olika arter i de sju habitattyperna. KLG= kraftledningsgata och betesmark=naturbetesmark. Arterna presenteras i bokstavsordning.**

Art	Latin	KLG skogslandskap		KLG mosaiklandskap		KLG skogslandskap vid hygge		Betesmark		Betesmark nära ledningsgata		Skogsbilväg		Skogsbilväg nära ledningsgata	
		Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE
Allmän metallvingesvärmare	<i>Adscita statures</i>	0,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amiral	<i>Vannessa atalanta</i>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,09	0,06	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Aspfjäril	<i>Limenitis populi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00
Aurorafjäril	<i>Anthocaris cardamines</i>	0,04	0,04	0,09	0,09	0,13	0,10	0,05	0,05	0,13	0,10	0,52	0,21	0,26	0,13
Berggräsfjäril	<i>Lasiomatta petropolitana</i>	0,26	0,11	0,00	0,00	0,30	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,26	0,16
Bredbrämad bastardsvärmare	<i>Zygaena loniceræ</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brunfläckig pärlemorfjäril	<i>Boloria selene</i>	0,78	0,24	1,52	0,66	1,74	0,47	0,14	0,07	0,52	0,26	0,26	0,16	0,43	0,15
Citronfjäril	<i>Gonopteryx rhamni</i>	2,13	0,38	1,39	0,46	2,26	0,67	0,41	0,16	0,57	0,15	1,43	0,40	2,30	0,39
Grönsnabbvinge	<i>Calloprys rubi</i>	1,17	0,41	0,96	0,29	1,17	0,36	0,09	0,09	0,13	0,10	0,48	0,14	0,57	0,27
Hagtornsfjäril	<i>Aporia crataegi</i>	0,04	0,04	0,00	0,00	0,22	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,13	0,13
Kamgräsfjäril	<i>Coenonympha pamphilus</i>	0,35	0,21	0,65	0,27	0,48	0,25	2,50	0,60	1,91	0,35	0,00	0,00	0,04	0,04
Klöverblåvinge	<i>Glaucopsyche alexis</i>	0,00	0,00	0,09	0,06	0,13	0,07	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,14
Kvickgräsfjäril	<i>Pararge aegeria</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,19	0,13	0,07
Kålfjäril	<i>Pieris brassicae</i>	0,00	0,00	0,09	0,06	0,04	0,04	0,09	0,06	0,04	0,04	0,00	0,00	0,13	0,10
Ljungblåvinge & Hedblåvinge	<i>Plebejus argus/idas</i>	7,87	2,36	3,04	0,83	5,74	1,37	0,09	0,06	0,35	0,17	1,61	0,94	4,17	1,46
Luktgräsfjäril	<i>Aphantopus hyperantus</i>	3,87	0,66	7,78	1,40	4,83	0,88	4,36	0,62	6,35	0,97	2,57	0,60	4,96	1,02
Makaonfjäril	<i>Papilio machaon</i>	0,13	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04
Midsommarblåvinge	<i>Aricia artaxerxes</i>	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,13	0,10	0,00	0,00	0,04	0,04
Mindre bastardsvärmare	<i>Zygaena viciae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,06	0,05	0,05	0,13	0,07	0,04	0,04	0,00	0,00
Mindre blåvinge	<i>Cupido minimus</i>	0,30	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Mindre guldvinge	<i>Lycaena phlaeas</i>	0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,36	0,14	0,17	0,08	0,09	0,09	0,13	0,07
Mindre tätelsmygare	<i>Thymelicys lineola</i>	1,52	0,40	1,74	0,40	1,74	0,55	1,55	0,35	1,13	0,36	0,78	0,28	0,96	0,29
Myrpärlemorfjäril	<i>Boloria aquilonaris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nässelfjäril	<i>Aglais urticae</i>	0,35	0,18	0,13	0,07	0,39	0,12	0,82	0,28	0,57	0,23	0,04	0,04	0,17	0,10
Prydlig pärlemorfjäril	<i>Boloria euprosyne</i>	0,91	0,37	0,70	0,16	0,91	0,27	0,05	0,05	0,26	0,11	0,04	0,04	0,26	0,16
Puktörneblåvinge	<i>Polyommatus icarus</i>	0,22	0,11	0,74	0,19	0,43	0,18	1,77	0,66	3,48	1,49	0,22	0,22	0,26	0,13

Art	Latin	KLG skogslandskap i		KLG mosaiklandskap i		KLG skogslandskap vid hygge i		Betesmark		Betesmark nära ledningsgata		Skogsbilväg		Skogsbilväg nära ledningsgata	
		Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE
Påfågelöga	<i>Inachis io</i>	0,35	0,18	0,30	0,13	0,22	0,09	0,18	0,08	0,17	0,10	0,17	0,10	0,61	0,56
Pärigräsfjäril	<i>Coenonympha arcania</i>	2,74	0,56	5,78	1,51	2,96	0,67	3,05	1,15	5,83	1,51	0,39	0,17	1,04	0,30
Rapsfjäril	<i>Pieris napi</i>	0,61	0,21	1,13	0,37	0,61	0,19	1,32	0,42	0,87	0,34	1,52	0,45	1,17	0,28
Rovfjäril	<i>Pieris rapae</i>	0,09	0,06	0,17	0,14	0,04	0,04	0,23	0,11	0,09	0,06	0,22	0,14	0,09	0,06
Sexfläckig bastardsvärmare	<i>Zygaena filependulae</i>	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,05	0,05	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Silverblåvinge	<i>Polyommatus amandus</i>	0,87	0,48	0,78	0,27	1,26	0,50	0,73	0,20	1,48	0,47	0,39	0,14	0,83	0,34
Silversmygare	<i>Hesperia comma</i>	0,13	0,13	0,13	0,10	0,04	0,04	1,05	0,79	0,26	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Silverstreckad pärlemorfjäril	<i>Argynnis paphia</i>	0,52	0,19	0,30	0,16	0,30	0,12	0,00	0,00	0,09	0,09	0,57	0,28	0,61	0,26
Skogsgräsfjäril	<i>Erebia ligea</i>	0,04	0,04	0,09	0,06	0,13	0,13	0,00	0,00	0,04	0,04	0,39	0,19	0,17	0,10
Skogsnätfjäril	<i>Melitaea athalia</i>	3,30	0,95	2,09	0,61	4,22	1,27	0,05	0,05	1,13	0,50	0,57	0,35	2,30	0,78
Skogspärlemorfjäril	<i>Argynnis adippe</i>	0,26	0,16	0,13	0,10	0,39	0,17	0,14	0,10	0,22	0,13	0,48	0,28	0,09	0,09
Skogsvisslare	<i>Erynnis tages</i>	0,04	0,04	0,22	0,13	0,13	0,07	0,05	0,05	0,09	0,06	0,17	0,14	0,22	0,18
Skogsvitvinge & Ångsvitvinge	<i>Leptidea sinapis/reali</i>	0,48	0,22	0,48	0,16	0,57	0,15	0,36	0,15	0,74	0,25	2,87	0,87	2,04	0,54
Slättergräsfjäril	<i>Maniola jurtina</i>	0,09	0,06	0,17	0,10	0,09	0,09	0,32	0,15	0,17	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04
Smultronvisslare	<i>Pyrgys malvae</i>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,13	0,07	0,05	0,05	0,00	0,00	0,09	0,09	0,13	0,07
Sorgmantel	<i>Nymphalis antiopa</i>	0,09	0,06	0,09	0,06	0,00	0,00	0,09	0,06	0,04	0,04	0,22	0,14	0,00	0,00
Sotnätfjäril	<i>Melitaea diamina</i>	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Storfläckig pärlemorfjäril	<i>Ossoria lathonia</i>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Svartfläckig glanssmygare	<i>Carterocephalus silvicola</i>	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,07	0,04	0,04
Svavelgul höfjäril	<i>Colias palaeno</i>	0,22	0,11	0,00	0,00	0,52	0,24	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Tistelfjäril	<i>Cynthia cardui</i>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,09	0,06	0,14	0,07	0,04	0,04	0,09	0,09	0,00	0,00
Tostebåvinge	<i>Celastrina argiolus</i>	0,09	0,06	0,09	0,06	0,13	0,07	0,00	0,00	0,04	0,04	0,09	0,06	0,17	0,08
Videfuks	<i>Nymphalis xanthomelas</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
Vinbärsfuks	<i>Polygonia c-album</i>	0,09	0,06	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,18	0,17	0,10
Violettblåvinge	<i>Plebejus optilete</i>	0,52	0,22	0,57	0,23	0,78	0,29	0,00	0,00	0,61	0,45	0,09	0,06	0,48	0,19
Violettkantad guldvinge	<i>Lycaena hippothoe</i>	0,09	0,06	0,09	0,09	0,00	0,00	0,14	0,10	0,17	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Vitfläckig guldvinge	<i>Lycaena virgaureae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Vitgräsfjäril	<i>Lassiomata maera</i>	0,96	0,37	0,96	0,54	1,17	0,42	0,23	0,13	0,61	0,35	1,83	0,58	2,52	0,78

Art	Latin	KLG skogslandskap i		KLG mosaiklandskap i		KLG skogslandskap i vid hygge		Betesmark		Betesmark nära ledningsgata		Skogsbilväg		Skogsbilväg nära ledningsgata	
		Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE	Medel	SE
Älggräspärlemorfjäril	<i>Brenthis ino</i>	2,04	0,78	1,35	0,43	2,52	0,47	0,23	0,15	1,04	0,40	0,57	0,20	0,39	0,16
Ängsblåvinge	<i>Polyommatus semiargus</i>	0,39	0,20	0,52	0,21	0,78	0,45	0,68	0,21	0,78	0,25	0,04	0,04	0,78	0,37
Ängspärlemorfjäril	<i>Argynnis aglaja</i>	1,57	0,30	1,43	0,43	1,39	0,35	1,23	0,50	0,96	0,32	1,35	0,46	1,70	0,50
Ängssmygare	<i>Ochlodes sylvanus</i>	0,91	0,29	1,04	0,26	2,09	0,69	0,41	0,14	0,43	0,18	1,26	0,35	1,91	0,47



## Appendix 2. Statistiska metoder

Först testade vi om art- och individrikedom (alla arter summerade) skiljde sig mellan kraftledningsgator, naturbetesmarker och skogsbilvägar. Därefter testade vi om det fanns skillnader i art- och individrikedom mellan habitattyperna inom de tre grupperna d.v.s., mellan kraftledningsgator i skogslandskap, kraftledningsgator i skogslandskap vid hyggen och kraftledningsgator i mosaiklandskap med mer jordbruksmark, mellan skogsbilvägar nära och på avstånd från kraftledningsgator, samt mellan naturbetesmarker intill och på avstånd från kraftledningsgator. Skillnader i artrikedom testades med en "generalized linear mixed model" (SAS Proc Glimmix) med "Poisson error distribution" och en "log link", med landskap (n=23) som "random factor". Skillnader i individrikedom testades med en "general linear mixed model" (SAS Proc Mixed), med "normal error distribution", och landskap som "random factor".

För att testa om andelen skog i landskapet skog påverkade artrikedom i de olika habitatkategorierna så inkluderades måttet på andel skog (inom 1 km och 6 km radie, se metoder) och interaktionen med typ av habitat i modellerna (se ovan) och utvärderade om interaktionen var signifikant ( $p < 0.05$ ).

Vi genomförde en "redundancy analysis" (RDA) för att analysera hur fjärilsfaunans sammansättning varierade mellan de olika habitattyperna. Analysen tog hänsyn till skillnaderna mellan de olika landskapen (n = 23) genom att inkludera landskap som en "fixed factor" i analysen. Analysen genomfördes i "the vegan' package" (Oksanen m.fl. 2013) i programmet R (R Core Team 2013).

För att testa om flygbeteendet (födosöksflykt och spridningsflykt) skiljde signifikant sig mellan kraftledningsgator, skogsbilvägar och naturbetesmarker använder  $\chi^2$ -tester. Tester av beteendet vid habitatgränser mellan naturbetesmarker och skog, åker och kraftledningsgata gjordes också med  $\chi^2$ -tester i programmet SAS.

**Appendix 3. Antal (och andel i procent) individer av luktgräsfjäril, pärlgräsfjäril och skogsnätfjäril med spridningsflykt och födosöksflykt i kraftledningsgator, naturbetesmarker och längs vägar.**

Habitat	Luktgräsfjäril			Pärlgräsfjäril			Skogsnätfjäril		
	Spridning	Födosök	Total	Spridning	Födosök	Total	Spridning	Födosök	Total
Kraftledning	13	119	169	10	48	90	3	21	45
	39.3 %	56.7%	49.1%	35.7%	40.0%	40.5%	(10.0%)	46.7%	38.8%
Naturbetes- mark	13	42	83	7	57	107	19	15	48
	39.3%	20.0%	24.1%	25.0%	47.5%	48.2%	(63.3%)	33.3%	41.3%
Väg	10	49	92	11	15	25	8	9	23
	30.3%	23.3%	26.7%	39.3%	12.5%	11.3%	(26.7%)	20.0%	19.8%