

# Vägbelysningens påverkan på djur och växter samt rekommendationer för val av ljus

Litteraturstudie 2011-01-27



Beställare:	Trafikverket 781 87 Borlänge <a href="http://www.trafikverket.se">www.trafikverket.se</a>	
	Projektledare:	Martin Strid
	<a href="http://www.nyttljus.se">www.nyttljus.se</a>	
Konsult:	Calluna AB Arvid Hedvalls backe 4 411 33 Göteborg <a href="http://www.calluna.se">www.calluna.se</a>	
	UL, rapport:	Marie Jakobi
	Medverkande:	Björn Dellming, Anna Jangius
	Granskning:	Anna Sandström
Callunas projektnr:	MJI0007	
Foton:	Framsida:	Foto "vv trafikled 2.jpg" från <a href="http://www.exempelbanken.se">www.exempelbanken.se</a>

# Innehållsförteckning

Inledning	3
Bakgrund och syfte	3
Metod	3
För dig som vill läsa vidare	3
Påverkan samt rekommendationer för val av ljus	4
Generellt	4
Fisk och vattenlevande ryggradslösa djur	5
Insekter	5
Grodor och kräldjur	7
Sträckande fågel	10
Häckande fågel	11
Däggdjur	11
Fladdermöss	12
Växter	13
Sammanfattning av påverkan per organismgrupp	14
Sammanfattning av rekommendationer i litteraturen	16
Referenser	16
Skriftliga	16
Muntliga	17

# Inledning

## *Bakgrund och syfte*

Trafikverket är ansvarigt för nästan 10 000 mil statliga vägar med omkring 200 000 ljuspunkter, vilket är knappt tio procent av det svenska väg- och gatubelysningsbeståndet. Trafikverket vill gärna minska belysningens skadliga inverkan på naturmiljöer och avser att införa råd om belysning i VGU (Vägar och gators utformning) utifrån denna aspekt. Med anledning av detta fick Calluna AB i uppdrag att göra en litteraturstudie med syftet att ta fram underlag som kan användas för framtagande av riktlinjer för VGU utifrån ett naturskyddsperspektiv.

Syftet med studien var att besvara på följande frågor:

- Finns det våglängder av ljus som är mindre skadliga för olika slags djur och växter?
- Vilka våglängder påverkar och vilka djur och växter berörs?
- Vilken betydelse har ljusstyrkan (intensiteten)?

## *Metod*

Litteraturstudien genomfördes genom sökning i forskningsrapporter samt "grå" litteratur, det vill säga opublicerade forskningsartiklar, exjobb och liknande. Även några specialister kontaktades (se referenslista).

Insamlad information gicks igenom och sammanställdes i denna rapport som beskriver olika djur och växtgruppers känslighet för olika våglängder och ljusintensitet. För att göra materialet mer överskådligt har resultatet också sammanfattats i en tabell, se tabell 1.

## *För dig som vill läsa vidare*

För ytterligare fördjupning i ämnet rekommenderas den populärvetenskapliga boken *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting* av Longcore (2006) vilken kan beställas på t ex adlibris eller bokus. Här finns bland annat detaljerad information om hur djur och växter fungerar biologiskt och hur dessa komplicerade processer påverkas av artificiell belysning.

# Påverkan samt rekommendationer för val av ljus

## *Generellt*

Artificiell belysning påverkar djur och växter både på kort avstånd från ljuskällan och på flera kilometers avstånd. Belysning påverkar djur och växter på olika sätt. Ljuset inverkar till exempel på de djurens biologiska klocka, dygnsrytm, förmåga att kommunicera och orientera sig, deras beteende och relationen mellan rovdjur och byte. Hur djuren påverkas av belysningen beror dels på vilken våglängd och intensitet som belysningen har, dels hur djurens öga och övriga kroppen är uppbyggd och på de olika arternas funktion i ekosystemet.

## **Effekter långt från ljuskällan**

Diffust ljus sprids från städer eller samhällen på mycket långt avstånd och gör att de nattliga ekosystemen påverkas. Detta diffusa ljus kallas "himlaglim" och har stor påverkan på djur och växter, till exempel genom att grodor och andra bytesdjur syns lättare. För att minimera detta ljus krävs att ljusintensiteten minskas och att lamporna avskärmas för att minska ljusspridningen uppåt och åt sidorna. Ljusspridning från alla ljuskällor, även i städerna, bör därför minimeras så mycket som är möjligt utan att äventyra människans säkerhet och belysningen bör inte heller vara tänd längre än nödvändigt. Där så är möjligt bör man inte ha någon belysning alls.

## **Effekter nära ljuskällan**

Nära lampans sken uppträder andra effekter än på långt avstånd från ljuskällan. En mycket vanlig företeelse är att insekter dras till ljuset och sedan snurrar runt lamporna tills de antingen bränner sig på lampan, dör av utmattningen eller äts upp av ett annat djur. Många nattlevande djur som äter insekter har lärt sig detta och söker sig därför till de upplysta områdena för att fånga insekter. Även andra bytesdjur blir mer synliga och lättare byten. Förutom ljusintensiteten har även belysningens placering i landskapet betydelse. Sportarenor, bensinmackar och köpcentra är belysta med större ljusstyrka än vägar och har lokalt större påverkan men vägbelysning påverkar större andel naturområden genom att de sträcker sig över långa avstånd. (Longcore 2006).

## **Barriäreffekter**

Ljuset längs de långsträckta vägarna bildar barriärer för djur som behöver röra sig i landskapet för födosök, migration eller parning dels genom att djuren lockas till ljuset, dels genom att en del djurarter undviker de upplysta områdena. Ett exempel på ett djur som försöker undvika belysning är den europeiska fladdermusarten dvärghästskonäsa som undviker belysta vägar under flyttningen (Stone 2009). Enligt Rydell undviker dock de arter som undviker belysning inte själva belysningen utan de öppna områden som oftast finns där belysning förekommer. (Rydell 2005).

## *Fisk och vattenlevande ryggradslösa djur*

Fiskar är känsliga för ljus men reagerar bara för vissa våglängder. Fiskar i sjöar och vattendrag är känsliga för rött och gult eftersom dessa färger är vanliga i dessa miljöer medan fiskar i hav eller öppna vatten är känsliga för blå nyanser, vilket utsöndras av marina bioluminicerande ("självlysande") plankton som är vanliga i dessa vatten. (Longcore 2006). Kvicksilverlampor (blått och ultraviolett ljus) attraherar fisk. En studie av Puckett et al 1987, visar att fisken först undviker ljuset och sedan simmar mot det efter tillvänjning (Teikari 2007). En studie av Nemeth visade på större fiskaktivitet vid ljus från kvicksilverlampor (som innehåller blått och vitt ljus) och mindre undvikandereaktioner än från stroboskopiskt ljus (Teikari 2007). För stroboskopiskt ljus används ofta Xenon-lampor (Wikipedia 2010). Stroboskopiskt ljus uppkommer vid dammar, kraftverksanläggningar och av billyktorna vid vägar nära vatten. Det kan också användas för att undvika att laxungar går in i passager som kan vara farliga för dem. (Teikari 2007).

Fisk blir desorienterade av ljusföroreningar, både direkta och indirekta (IDSA 2008). Människor bor ofta när hav och vattendrag och därför är exponeringen av ljus på dessa livsmiljöer stor. Fiskar utsätts också för ljus från trafiken på vägar nära hav, sjöar och vattendrag. Det är väl känt hur ljus påverkar fiskars beteende men hur den biologiska klockan och andra biologiska funktioner påverkas behöver undersökas mer (Teikari 2007). De flesta (96%) av nu levande fiskar tillhör klassen äkta benfiskar (teleostei). Det innebär att viktiga beteenden som födosök, stim och vandring beror på ljusintensiteten. De äkta benfiskarnas öga består av tappar och stavar där tapparna reagerar på starkt ljus och stavarna på låga ljusstyrkor som hos människan. Beteendeförändringarna som observerats hos fisk som utsätts för ljus är lika för såväl saltvattenslevande som sötvattenslevande fisk. (Teikari 2007)

*Daphnia* (små kräftdjur) och *Perca flavescens* (amerikansk abborre) är känsliga för gult ljus om ljusstyrkan är tillräckligt hög.

## *Insekter*

Nattaktiva insekter dras till ljus i hög grad vilket ofta orsakar hög lokal dödlighet. Detta kan vara särskilt allvarligt för hotade arter som kan riskera att dö ut lokalt. Man kan urskilja olika effekter nära lamporna och på längre avstånd från dem. På nära håll kan tre olika situationer uppträda:

1. Insekterna störs av en eller flera lampor med konstgjord belysning och avbryter sin normala aktivitet. Ett nattfly kan till exempel flyga över en äng för att leta efter blommor. När det flyger in i ett område som är upplyst av en gatulampa kan flera olika skeenden inträffa. Insekten kan flyga direkt på lampans varma glas och dö med en gång. Det är dock vanligare att insekten kretsar runt lampan tills den äts upp av ett annat djur eller blir så utmattad att den ramlar ned på marken, där den dör eller äts upp. En del insekter lyckas lämna det upplysta området och flyger

tillbaka till det mörka, oupplysta området där de sätter sig att vila på marken eller på vegetationen eftersom lampan är starkt "yrselframkallande". En del insekter återhämtar sig och flyger tillbaka till lampan medan andra sitter kvar inaktiva och blir exponerade för rovdjur. Många insekter lyckas inte ta sig till lampan för att de blir yra redan på vägen dit och stannar redan på vägen till lampan för att vila.

2. Insekter störs under långdistansflygning. Situationen kan beskrivas med insekter som flyger längs en bäck i en dal. De använder naturliga landmärken som träd, stjärnor och månen eller skuggan av horisonten för att orientera sig. Plötsligt avbryts flygvägen av en väg som går över bäcken och är upplyst av gatubelysning. Ljuset hindrar insekterna från att fortsätta den tänkta flygvägen. De flyger direkt till lampan och är oförmögna att lämna det upplysta området. Vägen utgör en stark barriär som på engelska kallas "crash barrier".
3. Insekterna drabbas av "dammsugareffekten". Insekter som inte rör sig i landskapet (inte letar efter föda eller migrerar) lockas till lampan där de dör. Insekter sugas ut ur sina livsmiljöer av ljuset, som om de sögs in i en dammsugare. Denna påverkan är så stark att den kan förrinta lokala populationer.

Storleken på de ovan beskrivna situationerna beror på bakgrundsbelysningen (månskenet) och lufttemperaturen. Under fullmåne konkurrerar månljuset med de konstgjorda lamporna. Lampornas negativa effekt avtar vid dessa tillfällen genom att lamporna inte lyser upp lika stort område som när det är helt mörkt och därför inte kan locka lika många insekter. Vid nymåne (alltså mörka nätter) flyger flest insekter mot lamporna och vid fullmåne (ljusa nätter) flyger minst insekter mot lamporna. Likaså flyger fler insekter mot lampor när luften är varm (över 19 grader) än när luften är kall (under 17 grader). (Longcore 2006)

I en studie där insekter fångades över flera år vid en nyanlagd och starkt belyst bensinmack visades att det fanns ett stort antal insekter kring lamporna under de första två åren och att antalet insekter sedan avtog. Detta förklaras med att dammsugareffekten drog till sig insekterna i området närmast bensinstationen. (Malicky 1965).

De flesta studier anger vilka lamptyper som har använts i studien. Utifrån studierna rekommenderas att man i första hand ska välja lågtrycksnatriumlampa som inte påverkar insekter (nattflyn) särskilt mycket och i andra hand högtrycksnatriumlampor med UV-filter (rosagult ljus), vilka fångar lägst andel insekter.

Kviksilverlamporna (blåvitt ljus samt UV) fångar flest insekter, högtrycksnatrium (rosagult ljus samt UV) fångar 45% av kvicksilverlampornas andel. Högtrycksnatrium-xenon ligger i området däremellan. (Longcore 2006).

Utifrån kunskap om vilka våglängder som ovanstående lampor sänder ut, kan man sluta sig till att insekter nästan inte dras till gult ljus (589 nm). Övriga lampor sänder ut

ett brett spektrum av olika våglängder. I högtrycksnatrium dras insekterna till den klarare delen av spektrat (Jones 2000). Eftersom insekterna dras i mycket hög grad till UV-ljus samt det blåvita ljuset som finns i kvicksilverlampor (Longcore 2006) kan man anta att insekter dras till blåvitt ljus samt UV-ljus.

Lampornas påverkan på insekter kan också begränsas genom att ljuset släcks när det är möjligt och att ljuset skärmas av i lamporna så att strukturer som kan fånga insekter inte blir belysta och enbart områden där ljuset behövs blir upplysta. Spiegelreflektorer kan också användas i lamporna för att rikta ljuset.

De insektsgrupper som är mest sårbara för belysningens påverkan är så kallade K-strategier, vilket är djurgrupper som lever länge, får liten avkomma och lever i en livsmiljö som inte förändras så mycket vilket gör att populationernas individantal inte förändras så mycket. Även organismer som utövar massförökning, till exempel akvatiska insekter, kan vara sårbara för om strandmiljöerna blir upplysta. Vägbelysning och annan belysning utgör dock en stor risk för alla insektsgrupper eftersom belysning pågår hela natten över mycket stora områden i landskapet.

Antalet insekter i landskapet har minskat starkt under de senaste årtiondena. Detta visas av många studier, vilka inte kan evalueras statistiskt men som ändå visar på en stark trend. Här ges tre exempel:

- I en studie som utfördes under 20-21 augusti 1949 fångades mer än 50 000 nattflyn av en enda lampa.
- I en annan studie utförd 1978 fångades 50 000 nattflyn av en enda lampa under perioden 2 maj till 12 september.
- År 1997 användes 19 lampor under perioden 29 maj till 29 september men bara 6205 nattflyn fångades.

De främsta orsakerna till det minskade antalet insekter i landskapet är att insekternas livsmiljöer har förändrats. Förändringen är en följd av storskaliga samhällsförändringar; stora arealer barrblandskog har ersatts med planterade barrskogar, hedar och skogar har ställts om till jordbruksmark, jordbruket har effektiviserats och kemikalier används för insekts- och ogräsbekämpning, städerna växer, motorvägar byggs, friluftslivet i landskapet ökar, klimatet förändras. (Longcore 2006)

### *Grod- och kräldjur*

Ljuset från städer sträcker sig flera kilometer från städerna och påverkar våtmarker för grod- och kräldjur. (IDSA 2008) Även mycket låg ljusintensitet från närliggande lampor, ljusintensiva lampor på långt avstånd samt svagt indirekt ljus från städer (så kallat "himlaglim") är tillräckligt för att rovdjur ska kunna fånga grodor där de normalt inte har möjlighet till det (Teikari 2007). Nattligt ljus kan därför ha markant påverkan



på grodors beteende eftersom de flesta rovdjur som jagar grodor fångar grodor som de kan se (Teikari 2007). Det är typiskt för grodor att hoppa mot blått ljus när de jagas av rovdjur för det leder dem mot dammens skyddande vattenyta och inte mot stranden (Teikari 2007). Många grodarter dras till blått-violett och rött ljus (våglängder under 475 och över 600 nm) (Teikari 2007/Longcore 2006).

Ljusintensiteten påverkar de våglängder som grodan attraheras av. Mörkeranpassade grodor dras vid låga ljusintensiteter i större utsträckning till blått ljus och långa våglängder (gul, orange, röd) medan samma grodor dras till gröna och violetta våglängder vid lite högre ljusintensitet. Mörkerseende grodor som utsätts för ljus blir bländade och det tar en stund innan deras ögon vant sig vid att se i ljuset. Det är möjligt att grodor som lever nära upplysta motorvägar med snabba skiftningar i belysning aldrig uppnår fullt mörkerseende. Sådana grodor har svårare för att fånga byten som rör sig snabbt eller urskilja byten som har låg kontrast mot bakgrunden. Eftersom grodor har färgseende kan man inte bara välja ut ljus med vissa våglängder för att lösa problemet. Mer forskning krävs på både direkta och indirekta effekter av ljus för groddjur för att kunna förbättra belysningen nära känsliga livsmiljöer för groddjur. (Teikari 2007)

Grodor tenderar att samlas under gatubelysning. Det är oklart om grodorna dras till ljuset, den ökade mängden insekter eller en kombination av dessa (Perry et al 2008). Om grodor konsekvent dras till permanenta ljuskällor är det ett klassiskt exempel på en "evolutionär fälla". (Teikari 2007) Nattaktiva arter kan dras till föda som finns i ljuset, t ex insekter (Longcore 2006). Ökad belysning har visat sig förbättra jakten samtidigt som grodor som jagar i gatuljus löper större risk att dödas av trafiken (Perry et al 2008).

Ljuset kan även ändra dygnsrytmen bland dagaktiva arter av både grodor och kräddjur. Genom att dessa arter kan jaga längre på kvällarna i belysningen kan de också äta andra arter av insekter och andra bytesdjur som de inte ätit förut, vilket kan ändra förekomsten och artsammansättningen av insekter och andra bytesdjur i området (Longcore 2006). Grönfläckig padda (*Bufo viridis*) är en art som främst jagar under morgon och kväll, men som även kan ses under dagen. Den har nu rapporterats använda den ekologiska nischen (livsmiljö) som skapats av nattlig belysning, till exempel utökade möjligheter till jakt på insekter som attraherats av ljuset med mera (Perry et al 2008). *Physalaemus pustulosus*, en groda som förekommer i Mexico och Sydamerika, kan ändra valet av partner och därmed det genetiska urvalet beroende på ljusförhållandena. De föredrar en partner med en viss färg om de utsätts för belysning och väljer en annan partner med annan färg i områden utan belysning. Det beror på att risken för predation ändras med belysningen och grodan gör vad den kan för att smälta in mot bakgrunden. (Teikari 2007) (Earthlink 2010). När belysningen tas bort förändras levnadsförutsättningarna för de grodor som är anpassade till att inte synas i belysning.

En stor mängd litteratur menar att artificiellt ljus kan påverka grodors biologi, men mer forskning behövs (Teikari 2007). Förändring i ljusintensitet i naturliga populationer kan orsaka en kaskad av effekter, till exempel kan vegetationens skyddande effekt påverkas liksom tillgången på mat (insekter) (Teikari 2007) samt larvernans utveckling (Perry et al 2008). Andra effekter är minskad reproduktion och mindre populationer. Genom att djuren söker mindre efter föda när det är ljust får de också lägre kroppsvikt. Naturliga instinkter som skyddar djuren förvirras också av ljuset. Det finns än så länge endast liten kunskap om hur grodornas biologiska klocka påverkas av ljus. En effekt är att melatoninproduktionen i grodorna avbryts vilket troligen leder till flera allvarliga fysiologiska effekter. Det verkar vara lite olika för olika grodor och hur belysning sker. (Teikari 2007.) Monokromatiska långvågslampor störde kompassriktningen och förmågan att orientera sig hos grodor. (Longcore 2006)

Förutom att avskärma ljuset kan vegetation, till exempel tjocka häckar, planteras mellan ljuskällan och grodornas livsmiljöer för att skydda dem från ljus (Teikari 2007).

Reptiler är mycket känsliga för ljus och dras till ljus för att jaga. Ljusfällor är till exempel ett välkänt sätt att fånga reptiler på (Teikari 2007). Många exempel finns på hur utländska reptiler påverkas (Perry et al 2008) men mer forskning krävs om hur diffus belysning från städer påverkar (Teikari 2007). Ökat ljus kan påverka en del ormarters förmåga att jaga, en del jagar mindre när det är ljusare och andra är mer framgångsrika i sitt jagande (Perry et al 2008). Studier har gjorts på skallerormar i laboratoriemiljö med simulerat månljus, där man såg betydligt högre aktivitet hos ormarna vid nymåne, "dämpat månljus" (till exempel vid mulet väder) eller vid bara stjärnljus. Vid ljuset från simulerad fullmåne var aktiviteten mycket låg (Clarke et al 1996). Oro finns för att artificiellt ljus stör djurens förmåga att uppfatta månens cykler men inga konkreta studier finns på detta område idag (Teikari 2010).

Nattaktiva reptiler blir desorienterade av ljus vid boet och deras naturliga beteende kan förändras. För reptiler kan minskad parning uppträda vilket ger mindre populationer, ökad utsatthet för predatorer nattetid samt för ovanliga faror som bilar och människor (IDSA 2008).

Även större vattensalamander jagar på asfalterade, belysta områden för att det finns mycket insekter där. Den kan passera över belysta vägar eftersom driften att vandra är stark. (Jan Malmgren, personlig kommunikation 2010)

Laboratorieförsök har visat att

Vilda sköldpaddor är väl studerade eftersom ungarna orienterar sig efter ljuset och påverkas i hög grad (IDSA 2008) men då dessa inte finns i Sverige utelämnas de här. En intressant studie på en sorts salamander (som inte heller finns i Sverige) visade att de åt mindre vid våglängder på 4-400 nm. Vid längre våglängder började de orientera sig fel: vid våglängderna 400-450 orienterade de rätt i labbförsök, vid 475 nm blev

orienteringen slumpvis och vid 500, 550, 600 nm orienterade de sig 90 grader fel (Longcore 2006)

### *Sträckande fågel*

Objekt som sprider belysning i fåglarnas flyttstråk påverkar navigationsförmågan i olika hög grad. Hur stor påverkan blir beror på vädret och ljuskällans karaktäristik (intensitet, våglängd, intervallbelysning med mera). Störst påverkan på flyttande fåglar sker vid mulet eller dimmigt väder då molntäcket är lågt och dimman gör att ljuset "glöder ut" i större omfattning än vid klar väderlek. Vid klart väder flyttar nattsträckande fåglar i allmänhet också på högre höjd vilket gör att de sällan kommer i kontakt med ljuskällan. (Van de Laar 2007)

Fåglar som attraheras av ljus börjar ofta cirkulera kring ljuset eller det belysta objektet och riskerar att skadas eller omkomma på grund av kollision. Ytterligare en följd av ljusstörningen är fåglarnas energiförluster. Värdefull tid och energi går åt till att cirkulera över ljuset istället för att ta sig mot övervintringsområden eller häckplatser. Sker detta över havet riskerar många fåglar att dö av utmattning eller brist på färskvatten och föda. (Van de Laar 2007)

Ungfåglar har större benägenhet att dra sig mot ljus än vuxna individer. (Longcore 2006).

Det har gjorts många studier på fyrplatser med hög mortalitetsstatistik. Likaså har man studerat ceilometrar (en slags strålkastare med vilken man mäter höjden på molntäcket) vid flygplatser, estetisk belysning av husfasader och bropelare de senaste hundra åren. Resultaten pekar entydigt på att fåglar attraheras av ljus med långa våglängder (gult och rött) och inte alls dras till ljus med korta våglängder (violett, blått, grönt). Vidare attraherar blinkande ljus (vissa fyrrar, radio- och TV-master, vindkraftverk) inte lika många som konstant ljus. (Longcore 2006) Fåglarna attraheras till det röda ljuset därför att det påverkar fåglarnas magnetoreceptorer och därmed stör deras navigationsförmåga. (Longcore 2006)

Strålkastare och sökarljus som belyser flockar av fåglar påverkar deras flyghastighet, vilken minskar med 15-30% mot normal flyghastighet, och driver dem mer och mer ur kurs (cirka 8 grader efter 10 sekunders belysning och cirka 15 grader efter 30 sekunder). Effekten av detta avtar med avståndet till strålkastaren och vid avstånd över 1 km har ljuset ingen påvisbar effekt. (Longcore 2006) De flesta arter verkar följa det här mönstret.

Studier vid holländska oljeplattformar i Nordsjön visade ingen överrepresentation av någon speciell artgrupp förutom att det främst var fåglar som sträcker på natten som påverkades (trastar, sångare, änder, ugglor, hägrar med flera). Fåglarna brydde sig inte om ljuset när grönt ljus användes. (van De Laar 2007, Bekker 2010)

## *Häckande fågel*

En holländsk studie av rödspovar som häckar intill en motorväg visade blandade effekter av trafikljusets påverkan. Reviren längst bort från vägen besattes först på våren, men de par som häckade närmast den belysta vägen var generellt tidigare med att lägga sina ägg. Vägbelysningen hade liten men statistiskt signifikant negativ effekt på häckningsmiljön för rödspov. Denna effekt sträckte sig flera hundra meter från vägen och borde kunna vara jämförbar med liknande mark utmed vägar i Holland. Vägbelysningen verkar ha en liten negativ effekt på tidpunkten för häckningsperioden. Utredningen kunde inte fastställa någon säker slutsats angående ökad bopredation av kråka, räv och vessla som följd av trafikljuset. Just effekten av förskjutningar och förlängningar av häckningsperioden är en genomgående tendens hos många stadsnära häckfåglar, till exempel rödhake och koltrast. Följden av detta kan bli utmattning genom att omständigheterna möjliggör omhäckningar (vissa arter kan få 2-3 kullar per år). Långtgående effekter av trafikbelysning kan bli successiv undanträngning från belysta områden. Många fåglar återvänder i mycket hög grad till tidigare års häckplats även om den blivit ogynnsam och förflyttningar mellan olika år sker sällan längre än 50 meter jämfört med året innan. Ofta är dock häckmiljöns lämplighet ur vegetations- och födosynpunkt viktigare än ljusstörning, men påverkan enligt ovan med sent tillsatta revir och för tidig äggläggning kan bli ett problem på sikt.

Holländska trafikverket har tagit fram ett dokument med rekommendationer för trafikbelysning i kombination med häckmiljöer som försämrats successivt av olika skäl. Bland annat stänger man av huvudbelysningen utmed tre stora motorvägar mellan 23:00 och 06:00 och tänder istället en svagare 9 Watts belysning ungefär två tredjedels höjd upp på stolparna som ledbelysning. (Longcore 2006)

En del fåglar har hittat nya nischer i de belysta vägmiljöerna. Tornfalk jagar till exempel i gatubelysning längs motorvägar i Storbritannien (Jones 2000), och i många europeiska länder blir ofta ugglor trafikoffer då de födosöker i lampskenet intill vägar.

## *Däggdjur*

Däggdjurens dygnsrytm kan påverkas genom belysning, för guldhamster sker detta inom våglängderna 300-500 nm. Andra effekter är att djuren kommer ur fas med sina grannar, vilket gör att parning och gruppstyrda parningsprocesser påverkas, djuren äter mindre, reproduktionen minskar, melatoninproduktionen störs, djuren blir lättare byten och dödligheten ökar på grund av att deras nattseende förstörts. (Longcore 2006)

Däggdjur påverkas också direkt genom att de blir bländade av trafikens belysning och detta inträffar redan vid låg intensitet. Så lite belysning som möjligt med tanke på trafiksäkerheten rekommenderas därför. Stavarna på djurens näthinna blir mättade med ljus, djuren upplever naturen som de kom ifrån som helt svart och vägar inte återvända dit utan blir kvar på vägbanan. Lågtrycksnatriumlampor (589 nm) rekommenderas eftersom det påverkar däggdjurens nattseende minst och samtidigt

ger tillräckligt bra syn för fordonsförare. Nattlevande däggdjurs nattseendefunktion har toppfunktion, är alltså som mest känslig, vid 496 nm vilket medför att djuren inte ser allt ljus som lågtrycksnatriumlampan sänder ut, medan detta ljus kan ses av fordonsförarna. Djuren upplever med andra ord lågtrycksnatriumlampan som en tiondel så ljus som en människa upplever den. Vid våglängder under 290 eller över 640 nm sker ingen påverkan på guldamsterns nattseende.

Eftersom däggdjur kan förutse denna förblindningseffekt undviker de ljuset, vilket gör att belysta ytor blir barriärer för djuren och deras vandringsmönster kan påverkas.

Enligt Longcore (2006) bör forskning inriktas på att få fram belysning som påverkar djurens stavdominerade syn minst, vilket ger dem möjlighet att fly in i mörkret, och den lägsta intensiteten som gör det möjligt för föraren att upptäcka ett djur på vägbanan. Det verkar logiskt att belysning minskar risken för viltolyckor genom att ge föraren ökad reaktionstid men det finns ingen forskning som stödjer denna idé. Reed m fl. visade att ökad belysning inte var effektivt för att minska olyckor med rådjur och fordon i USA (Longcore 2006 s 32).

För små, nattlevande, växtätande djur minskar artificiell belysning risken att bli dödad av rovdjur och minskar matkonsumtionen. Artificiell belysning påverkar också den biologiska dygnsrytmen och djurens melatoninproduktion. Forskning saknas om hur vilda däggdjur påverkas på populationsnivå (Beier 2005). Natlig belysning kan också öka antalet trafikdödade djur och kan avbryta däggdjurens spridningsrörelser och användning av korridorer (Beier 2005).

### *Fladdermöss*

Fladdermöss lockas till belysning för att jaga insekter. Koncentrationen av fladdermöss i belysta områden kan bli mycket hög jämfört med omgivningen. Studier av nordisk fladdermus och gråskimlig fladdermus visar att densiteten av fladdermöss är 3-20 gånger högre längs belysta vägar än på motsvarande vägar utan belysning. Det fanns 2-5 fladdermöss per km upplyst väg, periodvis upp till 20 fladdermöss, motsvarande 1 fladdermus per lyktstolpe. Det finns ingen anledning att tro att dessa siffror är extrema på något vis. (Rydell 2005)

Belysning kan också ge signifikant negativ påverkan på fladdermössens val av flygrutter. Försök med högtrycksnatriumlampor längs vandringsleder för *Rhinolophus hipposideros* visade att fladdermusaktiviteten minskade och att vandringsbeteendet därmed försenades på grund av ljuset. (Stone et al 2009)

Nordisk, gråskimlig, stor och dvärgfladdermus lockas till lamporna och insekterna (Rydell, muntlig komm). Vattenfladdermus skyr däremot ljuset och jagar mer i mörka områden eller tvingas vänta tills ljuset släckts. *Myotis* spp och långörad fladdermus undviker belysta områden. (Rydell 2005) Det medför att det sker en förskjutning av jaktområden när ljus tillförs under april-maj och augusti-september. Fler insekter blir

fladdermusföda vilket i ogynnsamma fall kan minska förekomsten av vissa arter (ev sällsynta arter). Belysning nära spridningskorridorer längs vattendrag, skogskanter, brynzoner och nära häckar eller buskage är särskilt skadliga. Sammanhängande belysta sträckor längs vägar skapar barriärer av ljus som fladdermöss inte kan passera (Jones 2000). Mycket mer om ekologiska effekter och effekter för enskilda arter finns i Rydell 2005.

Fladdermöss är däggdjur och därför kan deras biologiska klocka och andra fysiologiska mekanismer störas på samma sätt som beskrivits för däggdjur ovan.

Universitetet i Wageningen har utvecklat ett flerfärgat ljus ("bärnstensfärgat") tillsammans med Philips som de håller på att testa längs vägar i en första testfas. Bra för förarna, mindre bra för fladdermöss (Bekker 2010 muntl komm).

Ett försök att använda grönt ljus (eftersom det fungerar bra för fågel som inte bryr sig om grönt ljus) visade sig inte fungera för fladdermöss (Bekker 2010).

För att minimera effekter på fladdermöss rekommenderas samma åtgärder som för insekter ovan. Jones (2000) rekommenderar att använda lågtrycksnatriumslampor i första hand och förse kvicksilverlampor med UV-filter, samt att använda så lite ljusstyrka som möjligt, minimera tiden för belysningen samt avgränsa belysningens spridning uppåt. I Europa lämnas vägar obelysta nära områden där det finns jagande fladdermöss. Fler råd finns i Jones 2000.

## *Växter*

Växter absorberar olika våglängder av ljus med hjälp av fotosyntesen. De påverkas olika av olika våglängder. Klorofyll i gröna blad absorberar framför allt rött och blått ljus vars energi används för fotosyntes. Övrigt ljus når plantor längre ned och stimulerar dem att växa. Växter växer mot blått ljus, vilket hjälper dem att växa mot himlen och därmed få mer ljusenergi. Ljus påverkar också växtens uppfattning av dagens längd vilket i sin tur påverkar blomning och lövfällning. Ett stort antal studier har skett på växter i laboratorium och i odlingssyfte men det finns bara två artiklar skrivna 1975 (Cathey 1975\_1 och 1975\_2) som studerat effekterna på vilda växter av artificiell belysning. Mest påverkan hade ljus från glödlampor, som liknar solljus med många våglängder, följt av högtrycksnatrium, halogenlampor, kallt vitt fluorescerande och klar kvicksilverlampa i sjunkande ordning. I USA har lokala effekter av belysning på sykamorträd observerats. Den belysta delen av ett träd fällde sina löv senare än den andra delen, som låg i mörker. Det finns inga uppgifter om vilken ljusintensitet som detta fenomen uppträder vid. Det är viktigt att komma ihåg att avsaknaden av information om belysningens effekter på växter inte behöver betyda att inga effekter uppträder. (Longcore 2006)

### *Sammanfattning av påverkan per organismgrupp*

Litteraturstudien visar att olika våglängder påverkar olika organismgrupper på olika sätt. Ibland finns också variationer mellan olika arter. Hur olika våglängder påverkar organismerna sammanfattas i tabell 1.

### *Sammanfattning av rekommendationer i litteraturen*

Belysning i landskapet påverkar balansen i ekosystemen i mycket hög grad och alla åtgärder som kan vidtas för att minimera påverkan är därför viktiga att genomföra. Eftersom olika organismgrupper är känsliga för olika våglängder går det inte att rekommendera en viss typ av belysning för alla ändamål. För att välja rätt typ av belysning och andra åtgärder behöver man därför ha kännedom om vilka naturtyper eller organismgrupper som finns i det område där belysningen finns, hur djuren påverkas och även känna till vilka våglängder som djuren dras till eller undviker. Generellt kan sägas att i första hand bör belysning undvikas helt och i andra hand bör ljuskällans spridning begränsas genom att lamporna släcks när de inte behövs och genom att ljuskägglan avskärmas till det område där ljuset behövs. Vegetation kan planteras mellan belysningen och livsmiljön för att skydda vissa djurgrupper, till exempel tjocka häckar för grodor.

Påverkan kan minskas ytterligare genom val av ljus utifrån de våglängder som påverkar de förekommande djuren minst. Rekommendationer för specifika organismgrupper ges i påverkansbeskrivningarna ovan.

För växter finns än så länge för lite kunskap om eventuell negativ påverkan för att man ska kunna ge några rekommendationer mer än att ljusspridningen på växtlighet bör minimeras tills vi har större kunskap om ljusets effekter.

Tabell 1. Olika våglängder av ljus påverkar olika organismgrupper på olika sätt, + och - i tabellen är negativ påverkan på olika sätt, 0 är ingen påverkan och frågetecken visar att kunskap saknas.

Våglängd ( $\lambda$ )	Sammanfattning av djur och växters beteende vid påverkan av ljus med olika våglängder							
	Ultraviolett $\lambda < 380$ nm	Violett 380-420 nm	Blått 420-490 nm	Grönt 490-575 nm	Gult 575-585 nm	Orange 585-650 nm	Rött 650-770 nm	Infrarött $\lambda > 770$ nm
Fisk	+	+	+	?	+	+	+	?
Insekter	+	+	+	?	0	?	?	?
Fåglar	0	0	0	0	+	+	+	?
Däggdjur	-	-	-	-	-	0	0	?
Grodor	+	+	+	-	-	+	+	?
Fladdermöss	+	+	+	+	0	?	?	?
Växter		Växer	Fotosyntes	Växer	Växer	Växer	Fotosyntes	?
Teckenförklaring								
+	djuren attraheras till ljuset eller påverkas negativt (ämnesomsättning, dygnsrytm eller liknande).							
0	djuren bryr sig inte om ljuset.							
-	djuren undviker ljuset eller påverkas negativt (ämnesomsättning, dygnsrytm eller liknande).							
?	djurens reaktion ännu ej känd.							



## Referenser

### *Skriftliga*

Clarke, J. Chopko, J. Mackessy, S. (1996). The effect of Moonlight on Activity Patterns of Adult and Juvenile Prairie Rattlesnakes (*Crotalus viridis viridis*). Artikel från Journal of Herpetology, Vol. 30, No. 2, pp 192-197.

Beier, P. (2005). Effects of Artificial Night Lighting on Terrestrial Mammals. I Longcore 2006 sid 19-42.

Cathey, H.M., and L.E. Campbell. (1975\_1). Effectiveness of five vision-lighting sources on photo-regulation of 22 species of ornamental plants. Journal of the American Society for Horticultural Science 100:65-71.

Cathey, H.M., and L.E. Campbell. (1975\_2). Security lighting and its impact on the landscape. Journal of Arboriculture 1:181-187.

Earthlink (2010). URL: [http://home.earthlink.net/~itec2/Anura/Leptodactylidae/Physalaemus\\_pustulosus.html](http://home.earthlink.net/~itec2/Anura/Leptodactylidae/Physalaemus_pustulosus.html) 20101222.

IDSAs (2008). Light pollution and wildlife. Broschyr från International Dark-Sky Association. US Fish and wildlife.

Jones, J. (2008). Impact of lighting on bats.

Longcore (2006). Ecological consequences of Artificial Night Lighting. Edited by Catherine Rich and Travis Longcore.

Malicky H. (1965). Freilandversuche an Lepidopterenpopulationen mit Hilfe der JERMYSchen Lichtfalle, mit Diskussion biozöologischer Gesichtspunkte (Outdoor exposure testes of Lepidoptera populations with the help of JERMY's light-trap, with discussion of bioscenotic aspects). Zeitschrift für Angewandte Entomologie 56:358-377.

Perry, G., Buchanan, B. W., Fisher, R. N., Salmin, M., Wise, S. E. (2008). Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. Chapter 16. Society for the study of amphibians and reptiles, Urban herpetology.

Rydell, J. (2005). Bats and their Insect Prey at Streetlights. In Longcore 2006, sid 60.

Stone, E. Jones, G., Harris S. (2009). Street lighting disturbs commuting bats. Artikel i Current Biology 19, sid 1123.1127, 14 juli 2009. Elsevier Ltd.

Teikari, P. (2007). Light pollution: Definition, legislation, measurement, modeling and environmental effects. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona, Catalunya, 10 september 2007.

van de Laar (2007) Groen licht voor vogels - Onderzoek naar het effect van een vogelvriendelijke lichtkleur

Wikipedia 2010. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Strobe\\_light](http://en.wikipedia.org/wiki/Strobe_light). 20101222.

### *Muntliga*

Malmgren, Jan (2010). Doktor på större vattensalamander. Samtal med Marie Jakobi, juni 2010.

Bekker, Hans (2010). Rijkswaaterstaat, Nederländerna. Mejlkonversation med Marie Jakobi dec 2010.

**Calluna AB**

Arvid Hedvalls backe 4, 411 33 Göteborg.  
Telefon: 0703-45 26 09

Huvudkontor: Linköpings Slott 582 28 Linköping  
[www.calluna.se](http://www.calluna.se), [info@calluna.se](mailto:info@calluna.se)  
Telefon: 013-12 25 75. Fax: 013-12 65 95