

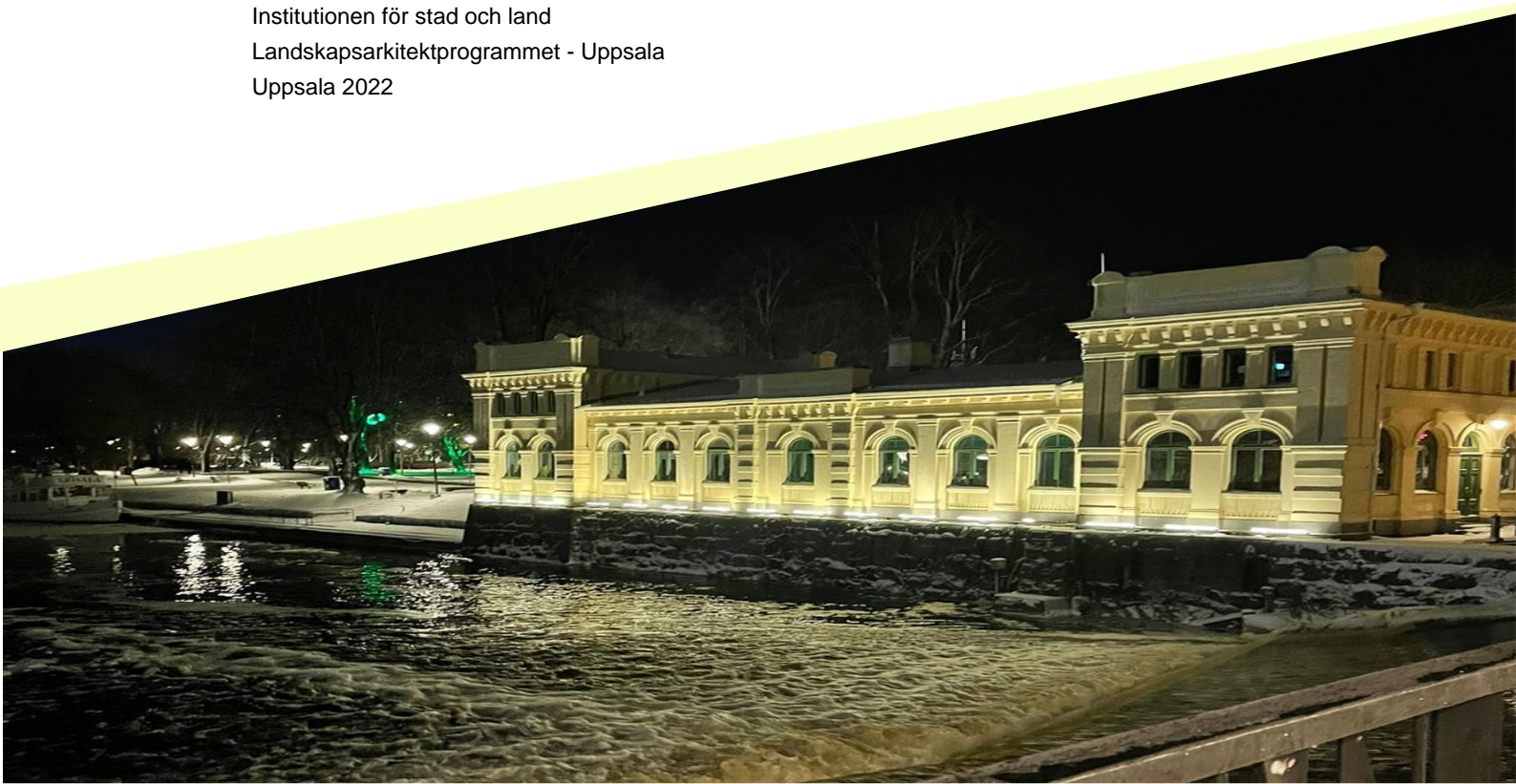


Det artificiella ljusets inflytande i staden

Hur ljuset påverkar människan och biodiversiteten i det urbana samhället

Fina Johansson och Felizia Lindqvist

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land
Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala
Uppsala 2022



Det artificiella ljusets inflytande i staden. Hur ljuset påverkar människan och biodiversiteten i det urbana samhället

The influence of artificial light in the city. How light affects humans and biodiversity in urban society

Fina Johansson och Felizia Lindqvist

Handledare: Malin Eriksson, SLU, Institutionen för stad och land
Examinator: Viveka Hoff, SLU, Institutionen för stad och land

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod: EX0861
Program/utbildning: Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022
Omslagsbild: Felizia Lindqvist (2022)
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: ljusföroreningar, biodiversitet, ekologiska konsekvenser, urban miljö

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Sammanfattning

Vi människor, liksom allt liv på jorden, är beroende av solljuset. Det påverkar vår dygnsrytm och vår hälsa. Hos djuren indikerar solljuset bland annat när det är dags att börja samla föda inför vinterhalvåret, för växterna berättar solen när det är dags att fälla löv och när det är dags att börja spricka upp i blom. I den nuvarande antropocena eran, där det människoskapta ljuset har spridit sig över hela världen, påverkas de flesta liv också av det artificiella ljuset. Detta ljus har lett till det som idag kallas ljusföroreningar. Uppsatsen syftar till att undersöka hur ljuset påverkar den urbana staden och om dessa föroreningar går att motverka. Resultatet visar att en balans behöver uppnås mellan människor och djur, man kan inte anpassa ljuset till bara den enas fördel. Vidare visar resultatet på flertalet ekologiska konsekvenser som det artificiella ljuset kan leda till, och hur det går att motverka dessa. Utöver detta finns det åtgärder för landskapsarkitekter att genomföra både i planeringsskedet och i gestaltungsprocessen. Här rekommenderas att utvidga sina kunskaper, då en stor del av problemet med ljusföroreningar beror på kunskapsbrist.

Nyckelord: ljusföroreningar, biodiversitet, ekologiska konsekvenser, urban miljö

Abstract

We humans, like all life on earth, are dependent on sunlight. It affects our circadian rhythm and our health. In animals, sunlight indicates, among other things, when it is time to start collecting food for the winter. For the plants the sun tells when it is time to shed leaves and when it is time to start blooming. In the current anthropocene era, where man-made light has spread throughout the world, most lives are also affected by artificial light. This light has led to what is today called light pollution. The thesis aims to investigate how light affects the urban city and whether these pollutants can be counteracted. The results show that a balance needs to be achieved between humans and animals, one cannot adapt the light to the benefit of only one's advantage. Furthermore, the results show most ecological consequences that artificial light can lead to and how these can be prevented. In addition to this, there are measures for landscape architects to implement both in the planning stage and in the design process. A large part of the problem with light pollution is due to lack of knowledge, therefore it is recommended to expand our knowledge regarding this subject.

Keywords: light pollution, biodiversity, ecological consequences, urban environment

Innehållsförteckning

1. Introduktion	7
1.1 Syfte	8
1.2 Frågeställning.....	8
1.3 Avgränsning	8
1.4 Metod	9
1.5 Disposition.....	9
2. Bakgrund	11
2.1 Evolutionärt perspektiv.....	11
2.2 Olika typer av ljus och arters uppfattning av det.....	12
2.3 Varför ljussätta?	14
3. Stadsträdgården och Studenternas IP	16
3.1 Ljussättning av platsen	17
3.2 Upplevelsen av platsen.....	18
4. Ekologiska konsekvenser och åtgärder	21
4.1 Insekternas ansamling vid ljus.....	21
4.1.1 Åtgärd: Utformning och ljusriktning.....	22
4.2 Navigering i mörker.....	23
4.2.1 Åtgärd: Höjd- och tidsanpassning.....	24
4.3 Skymningens djur	25
4.3.1 Åtgärd: Färgåtergivning	26
4.4 Ljusintensitetens påverkan	27
4.4.1 Åtgärd: Ljusstyrka	28
4.5 Avsaknad av mörker	29
4.5.1 Åtgärd: Avstånd och sammanhängande stråk.....	30
4.6 Sammanfattning av åtgärder för Stadsträdgården och Studenternas IP.....	31
5. Landskapsarkitekters påverkan	33
5.1 Motsättningar	33
5.2 Hur kan landskapsarkitekter motverka föroreningar i planerings- och gestaltningsprocessen?	34
6. Diskussion	37
6.1 Resultatdiskussion	37

6.2	Resultatet kopplat till hållbarhet.....	38
6.3	Metoddiskussion	38
6.4	Slutsats	39
	Referenser.....	40
	Tack	43

1. Introduktion

Solljuset är en livsviktig grundsten för liv på jorden, vilket inte bara påverkar människor, utan även djur och växter (Eklöf 2020). Ljuset har en inverkan på bland annat dygnsrytm, vilket i sin tur påverkar insamling av föda för hibernerande djur, vilket är djur som går i ide, och lövfällning inför vinterns viloperiod för andra arter (Lundquist 2022). Det kan också påverka hälsan hos människor (Karolinska Institutet 2017). I dagens samhälle är det dock inte bara det naturliga solljuset eller månljuset som lyser upp tillvaron, utan också det mänskligt skapade ljuset. Johan Eklöf (2020) skriver att det artificiella ljuset spelar en stor roll i våra urbana miljöer och står för 10 % av världens energianvändning. Eklöf förklarar vidare att endast en liten del av ljuset tas tillvara och resten förgås upp i atmosfären, vilket kan ge förödande konsekvenser. Ekologiska samband kan förändras och ekosystem kan utarmas vilket kan leda till förändrad artkomposition i världen (Bowman & Hacker). Detta kan påverka framtiden på jorden och strävan mot ett hållbart samhälle.

Den täta staden och utvecklingen av det urbana samhället har lett till en ökad andel föroreningar, varav en av dem är ljus. Förr kunde man se stjärnorna och vintergatan från stadens bakgårdar, idag är det en ovanlig syn på grund av den ökade andelen artificiellt ljus som sprids på himlen. Varje år ökar Sveriges belysta yta med 2–6 % vilket innebär en fördubbling av ljus inom de kommande två årtiondena (Helldin 2020). Ljusföroreningar innebär inte bara en förändring för människan utan även för andra arter, däribland insekter. Eklöf uttrycker sig gällande artificiellt ljus:

”Orsakerna till insektsdödande är många, från urbanisering och global uppvärmning till användning av bekämpningsmedel, storskaligt jordbruk, monokulturella odlingar och försvinnande skog. [...] Och för alla som någon gång har sett hur en insekt reagerar på ljus är det uppenbart att även ljusföroreningar måste beaktas.” (Eklöf 2020:35)

Denna uppsats kommer fokusera på just det sistnämnda problemet för artutdöd, det vill säga ljusföroreningar, och vad en landskapsarkitekt kan göra för att motverka dem. I uppsatsen kommer de ökade problemen med ljusföroreningar i staden undersökas samt dess innebörd för människor och djur. Problematiken av dessa föroreningar kommer att undersökas genom en platsstudie på ett område i Uppsala, bestående av Stadsträdgården och den angränsande idrottsarenan Studenternas IP. Utefter den redovisade informationen kommer vi undersöka hur landskapsarkitekter kan planera och gestalta för att motverka de diskuterade

föroreningarna inom ljus på den valda platsen. Avslutningsvis kommer vi ge konkreta tips på hur man som landskapsarkitekt kan planera och gestalta urbana miljöer för att skapa en positiv inverkan på biodiversiteten.

1.1 Syfte

Syftet med uppsatsen är att undersöka hur landskapsarkitekturens planering och gestaltning kan minska ljusföroreningar och bidra till biodiversiteten i staden. Intentionen är att tillföra en ökad förståelse kring ljusföroreningar, där fokus kommer ligga på att gå igenom föroreningarnas uppkomst, konsekvenser och hur dessa kan motverkas. Efter att ha fått en ökad förståelse inom ämnet kommer informationen appliceras på landskapsarkitektoniska aspekter som leder till bättre planerad och gestaltad miljö för hållbar utveckling av staden. Detta är ett viktigt arbete för att förstå att människans behov av ljus är en motsättning till de ekologiska konsekvenserna av det artificiella ljuset.

Uppsatsen kan leda till förståelse inom ämnet ljusföroreningar för landskapsarkitekter, medstudenter och intresserade av ämnet. Förhoppningen är att uppsatsen ska kunna användas som en inspirationskälla för hur landskapsarkitekter kan motverka ljusföroreningar.

1.2 Frågeställning

Vilka ljusföroreningar finns inom Stadsträdgården och idrottsarenan Studenternas IP och hur ser konsekvenserna av dessa ut för människan och biodiversiteten?

Hur kan man som landskapsarkitekt motverka dessa föroreningar?

1.3 Avgränsning

Arbetet har avgränsats tematisk med fokus på ljusföroreningar i den urbana miljön, texten har avgränsats till de artificiella ljusföroreningarna som finns idag. Uppsatsen kommer ta upp konflikten mellan hur människan och biodiversiteten påverkas av ljus.

Den geografiska avgränsningen för arbetet är urbana miljöer då stor andel föroreningar uppkommer inom dessa ytor jämfört med landsbygden. Uppsatsen bygger på en platsstudie av Uppsala Stadsträdgård och Studenternas IP i för att visa på problemrymden med ljusföroreningar i stadsnära miljöer.

Uppsatsen kommer fokusera på planering och gestaltning idag och inte fördjupa sig i det historiska perspektivet av landskapsarkitekturens ljussättning.

1.4 Metod

I uppsatsen har belysningens inverkan på Stadsträdgården och idrottsarenan Studenternas IP i Uppsala undersökts, och de ljusföroreningar som återfinns på platsen. Området valdes på grund av sitt centrala läge i staden och att det är många som rör sig genom dessa platser och kan påverkas av belysningen. Valet av att inkludera Studenternas IP i undersökningen beror på den nybyggnation som skett där och dess tillkommande belysning som nu kan ses från långt avstånd. Denna belysning är tänd under matcher och träningar och skapar en barriär mellan Stadsträdgården och det närliggande skogspartiet sydväst om området. Informationen till uppsatsen har samlats in från litteratur inom ämnet ljusföroreningar, ekologi och ljussättning av städer.

Deltagande i ARTpoddens direktsända webinarium, som Ekologigruppen producerar, om ljusföroreningar har också skett, vilket tillsammans med litteraturen har ökat kunskapen kring ämnet ljusföroreningar. För att få ytterligare information om ljussättningen inom det valda området har kontakt med Uppsala Kommun efterfrågats för att få specifik information kopplat till Stadsträdgården och Studenternas IP.

En platsstudie har utförts på Stadsträdgården och Studenternas IP, besök genomfördes den 22 februari och den 3 mars 2022. Besöken bestod av rundvandring och analys av platsen. Trots att vi känner till platsen väl efter tre års studier i staden bidrog besöken till en bättre bild av armaturen och hur området används. Fotografering, inventering och analys genomfördes över vilka ljusföroreningar som fanns på platsen. Fokus lades vid ljusets riktning och hur det användes i gestaltningen samt om det fanns platser som lämnats mörka.

Arbetsmetoden att genomföra en platsstudie och studera litteratur har valts för att skapa en nyanserad bild av de ljusföroreningar som förekommer i den urbana miljön. Genom platsstudien har en utvald plats undersökts för att bilda en förståelse för vilka ljusföroreningar man kan stöta på i urbana miljöer. Att också studera litteratur har bidragit till en djupare förståelse kring de ekologiska konsekvenserna och hur dessa kan motverkas.

1.5 Disposition

Uppsatsen är uppbyggd i tre delar, där den första delen ger läsaren en förståelse för ljus och ljussättning. Den andra delen är platsspecifik och går in på vilken typ av ljussättning som finns på platsen idag och hur det genom åren har utvecklats. Det angivna kapitlet tar även upp de mest förekommande ljusföroreningar som identifierats på platsen. Tredje delen av uppsatsen återger det resultat som uppsatsen kommit fram till, hur landskapsarkitekter kan motverka ljusföroreningar på den valda platsen och hur det i sin tur kan förbättra biodiversiteten i staden.

Denna del av uppsatsen kan fungera som en inspiration för studenter inom stadsplanering och landskapsarkitektur. Uppsatsen ger några exempel och metoder som kan användas samt ger praktiska förslag som kan hjälpa medstudenter att få en tydligare bild av hur de kan bidra till att minska ljusföroreningar genom planering och gestaltning.

2. Bakgrund

Genom att förstå bakgrunden till hur människor och djur påverkas av ljus kan ytterligare kunskap om problematiken med den ökade mängden artificiellt förstås. Att även skapa en förståelse kring hur människor ser ljus, och skillnaden mellan vår syn och djurs syn är en viktig aspekt av att kunna bidra till att minska problemet. Till sist undersöks varför ljussättningen ser ut som den gör idag och vad det grundar sig på.

2.1 Evolutionärt perspektiv

Under lång tid utvecklades jordens inre och yttre former, och för cirka 3 miljarder år sedan uppkom det vi känner till som det första livet på jorden skriver Eklöf (2020). Därefter förklarar han hur de encelliga organismerna sammansmälte till enkla molekyler som i sin tur utgör allt liv som finns på vår planet idag. När de fotosyntetiserande organismerna uppkom, cyanobakterierna som omvandlar solljus till energi, förändrades syrehalten i atmosfären och därav även möjligheten till liv på jorden (Söderström & Pedersen 2022). Redan de första organismerna som utvecklades på vår jord styrdes alltså av solen och ljusets förekomst, vilket är en grundsten för hela vår utveckling. Ljusets cykler styr vår dygnsrytm, årsrytm och hos vissa arter även månadsrytm (Lundquist 2022).

Dessa uråldriga rytmer utgör grundläggande funktioner som den biologiska klockan hos både djur och växter (Eklöf 2020). Det är den biologiska klockan hos djur som talar om för flyttfåglarna när det är dags att röra sig till varmare breddgrader, liksom den talar om för hibernerande däggdjur att de behöver samla ihop sina vinterförråd enligt Lundquist (2022). Vidare skriver författaren att flyttfåglarna skulle kunna förfrysa och de hibernerande däggdjuren skulle inte hinna samla ihop tillräckligt med föda för att överleva vintermånaderna utan den biologiska klockan. Variationen av ljus och mörker är därav central för arters överlevnad (Eklöf 2020). Det är också den biologiska klockan hos växter som talar om vilka säsongsbaserade processer som ska utföras (Johansson 2010). Johansson förtydligar att det hos träden oftast handlar om invintring, vinterdvala och sedan återstart av tillväxten inför den varmare halvåret.

Den biologiska klockan är även viktig för människans välbefinnande enligt Karolinska Institutet (2017). De skriver "En väl kalibrerad cirkadisk rytm anpassar

vår biologi till dygnets olika faser och reglerar bland annat sömn, födointag, hormonnivåer, blodtryck och kroppstemperatur. "(Karolinska institutet 2017). Vidare påvisar artikeln hur en dåligt koordinerad biologisk klocka och då också dygnsrytm ger ökad risk för sjukdomar, som kan orsakas av bland annat långvarigt skiftarbete där dygnsrytmen satts ur balans. Problematiken belyses även av Bergqvist (2021), som genom att hänvisa till forskning och kliniska studier påvisar att ljus, framför allt blått, påverkar melatoninproduktionen. Hon förtydligar att det finns ett samband med det artificiella ljuset nattetid och vissa typer av cancer. I sin artikel nämner Bergqvist (2021) också diabetes typ 2, övervikt, depression och ögonskador som biverkningar till det artificiella ljuset.

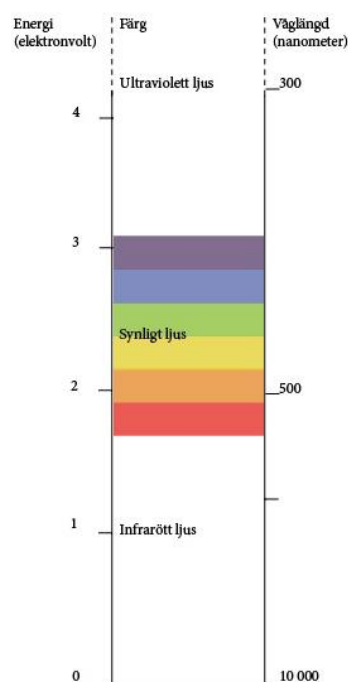
Den antropocena eran har satt hela ekosystem i obalans då människor förändrat ljusets cykler och därav även dygnsrytmer (Eklöf 2020). Människan har förändrat över halva jordens landyta, hela atmosfärens komposition och unika livsmiljöers förekomst och förändringarna har inte bara stor inverkan på oss själva, utan också på miljontals arter runtomkring i världen (Bowman & Hacker 2020). De två författarna förklarar hur den förändrade markanvändningen har tvingat in flera arter i nya habitat som de ska försöka överleva i. De skriver "We have introduced many species to new regions, an action that can have severe negative effects on both native species and human economies." (2020:42), därför är det viktigt att förstå vår inverkan på ekosystemen och dess tillkommande konsekvenser. Med den förändrade markanvändningen där skogar blir städer, slätter blir industriområden och stränder blir villakvarter kan man även räkna med en ökad andel artificiell belysning som påverkar arterna som fortfarande finns kvar i de exploaterade områdena. De förändrade habitaterna i kombination med den ökade andelen artificiellt ljus medför att den biologiska klockan och cirkadiska rytmen sätts ur spel, vilket kan leda till förändrad artexistens (Eklöf 2020).

2.2 Olika typer av ljus och arters uppfattning av det

I samband med den tekniska utvecklingen har vårt sätt att lysa upp platser förändrats (Jeppson & Warell 2022). Glödlampan var i början av 1900-talet den vanligaste ljuskällan i svenska hem, vilket höll i sig fram till början av 2000-talet. Idag är det dock LED-lampan, lysdioden, som tagit över marknaden (Lind 2021). Jeppson och Warell (2022) skriver att det under mycket lång tid, från 1960 fram till 2014, bara fanns lysdioder utformade i rött och grönt varav det färgade ljuset endast kunde användas begränsat. Vidare skriver de att en förändring skedde år 2014 när Nobelpriset i fysik tilldelades tre japanska forskare som framställt den blåa lysdioden. I kombination med de befintliga dioderna kunde man nu med hjälp av den blåa dioden skapa vitt ljus, vilket är av betydande faktor för att ett belyst föremåls färg ska återges rätt (Jeppson & Warell 2022). Lysdioder kan drivas med mindre andel energi än dess föregångare glödlampan, det behövs därför inte lika

mycket el att driva lampan, vilket resulterar i en mer förmånlig lösning (Samuelsson & Starby 2022). Den revolutionerande LED-lampan blev därav en framgång på marknaden för dess ekonomiska potential. Den billigare belysningen innebar att man kunde montera upp mer belysning i staden utan att förlora avsevärt mycket mer pengar (Helldin 2020).

Ett problem med den kombinerade lysdioden är att den inte bara avger det efterfrågade vita ljuset, utan även det blåa, ultraviolettera och infraröda ljuset (Jägerbrand 2018). Jägerbrand förklarar i sin utredning av LED-lampor hur det framför allt är det blåa ljuset som lyser upp himlen ovanför våra städer. Detta fenomen kallas himlaglim, himmelsströljus eller skyglow på engelska, och är framför allt ljusföroreningar från uppåtriktad belysning och återspeglade reflektioner av belysning (Jägerbrand 2018). Det är detta himlaglim som döljer stjärnorna och slår ut månens sken i den annars svarta natten, vilket kan ge förödande konsekvenser för många olika arter. Det ultraviolettera och infraröda ljuset som lysdioder ger ut ligger utanför människans synspektra på 390 - 770 nanometer, vilket gör att vi inte kan uppfatta det (Nordling 2022).



Figur 1. Ljus är elektromagnetisk strålning som utges i olika våglängder, i bilden är det mänskligt synliga spektrumet utmarkerat. (Illustration: Lindqvist 2022).

Genom att förstå de mänskliga ögonens begränsning kan dess uppsättning jämföras med andra arter, då alla arter inte har samma syn som människan skriver Johan Eklöf (2020). Vidare förklarar han att människans öga är uppbyggt med tre tappor som har möjlighet att se rött, blått och grönt med de känsliga syncellerna.

Eklöf skriver att det är utifrån dessa färger som regnbågenens nyanser och allt vi ser runt omkring oss byggs upp. Han konstaterar dock att alla djur inte är uppbyggda på det sättet. Han exemplifierar detta genom att ta upp fågelns ögon med fyra tappar som bidrar till att de kan utläsa ytterligare en våglängd i form av ultraviolett ljus. Eklöf (2020) beskriver hur fåglarnas ögon fungerar som en kameralins där färgerna även kan förstärkas och bli mer skärpta med hjälp av oljeliknande droppar som de har i sina näthinnor. Ytterligare ett exempel Eklöf tar upp är mantisräkor med 16 tappar i ögonen. Detta ger ett ännu större synspektrum med upplevelser inom färg, våglängd och kontrast som vi människor inte kan föreställa oss.

Det mänskliga ögat skiljer sig även från andra djur vad gäller mörkeranpassning (Eklöf 2020). Människans biologiska klocka är inställd på aktivitet under dagens ljusa timmar, för att sedan vila i återhämtande sömn under natten. Eklöf förklarar att den mänskliga kroppen inte är utformad efter nattens mönster och då heller inte ögonen, därför kan det finnas ett ökat behov att lysa upp staden, i hopp om att nå en ökad trygghet i det upplevda mörkret. Vidare skriver han att de djur som är nattlevande har anpassade ögon för det. Biologin bakom detta förklarar Eklöf återigen via deras tappar, som är utformade i två varianter för att kunna uppfatta ljuset bättre.

2.3 Varför ljussätta?

En god belysning i en stad kan leda till flera olika positiva aspekter som bland annat trygghet och ge platsen och staden en tydlig identitet (Lind 2021). Lind hävdar att belysning av konst eller byggnader bidrar till en tydlig identitet och att god belysning skapar mötesplatser för stadens invånare. Borg (2000) skriver att belysning kan stärka en stadsdels karaktär genom att belysa kända arkitektoniska stilar eller landmärken som kännetecknar ett område. Vidare menar hon att fasadbelysning kan leda till att en känd byggnad får stå i fokus, då det reflekterande ljuset från fasaden skapar både en tydlig karaktär och bidrar till ett tryggare område.

I Nationella trygghetsundersökningen från 2009 kan man utläsa att var sjätte person upplever otrygghet i det område där de bor (Brå 2010). Undersökningen visar även att trygghet kan upplevas på olika sätt beroende på ålder, kön och etnicitet. En av Nationalencyklopedins (2022) definitioner av trygghet lyder: ”Fri från oroande eller hotande inslag om företeelse som utgör en del av människans omgivning.” Kvinnor är mer benägna än män att känna sig otrygga och vara oroliga för att utsättas för brott enligt Brå (2010). Vidare visar undersökningen att utrikesfödda upplever en större otrygghet utomhus än inrikes födda. Dessa grupper är mer benägna att ändra sina rörelsemönster i staden för att känna sig tryggare, enligt Brå. Ålder spelar en stor roll i sammanhanget då äldre och unga upplever otrygghet på olika sätt, äldre går ut mer sällan på kvällarna och upplever på grund av det inte samma typ av påverkan på sin livskvalitet (Brå 2010). Undersökningen

tar upp att unga vuxna (20–34 år) är de som ofta känner sig otrygga utomhus, vilket kan leda till ändrat beteende och påverka livskvalité.

Trygghet utomhus kan uppnås med hjälp av bra överblick, som bidrar till en känsla av kontroll skriver Lind (2021). Vidare skriver hon att belysning av en plats kan bidra till en positiv upplevelse då ljuset ökar den upplevda uppsikten och skapar en behaglig känsla. Linds (2021) syn på trygghet går i samma anda som Nationalencyklopedins (2022) definition, en plats fri från oro eller hotande inslag. Enligt Lind (2021) kan belysning göra att den upplevda oron på platsen minskar, då dessa platser ofta har en högre social närvaro. Vilket kan leda till en plats med högre säkerhet och mindre brott.

Vilken typ av ljuskälla man använder på respektive plats har betydelse för upplevelsen av platsen (Borg 2000). Hon menar att olika styrkor och färg på belysningen frammanar olika känslor, en rödare ton kan upplevas varm och festlig, medan en blå ton kan upplevas kall. Belysningen ska lysa upp omgivningen på det sätt att vi ser vart vi går samt ser vilka vi möter (Borg 2000). Vidare skriver hon att belysning kan främja både säkerheten, vi ser vart vi går, och tryggheten genom att vi ser vem vi möter. En rekommendation som Borg påpekar i sin artikel har att göra med belysning och avstånd. Man ska på 10 meters håll kunna identifiera en person och på 4 meters avstånd kunna avläsa ansiktsuttryck. Genom att kunna avläsa ansiktsuttrycket på det avståndet kan man hinna reagera och vidta åtgärder om personen man möter har brottsliga avsikter (Borg 2000). För att möjliggöra en belysning som hjälper till med att lysa upp ansikten skriver Borg att belysningen behöver komma snett uppifrån eller via en lägre ljuspunkt. Belysning rakt uppifrån skapar en förvrängning av ansiktsuttryck och bidrar till en försvårad identifikation av de man möter (Borg 2000).

Ett samspel mellan ljus och mörker behöver finnas i staden, utan mörker som kontrast kan vi inte uppleva ljuset (Borg 2000). Vidare skriver Borg att ljussättning av staden kan utgå från två aspekter, att skapa en förlängning av dagen genom att belysa stora delar av staden med artificiellt ljus, eller att ta vara på mörkret och skuggorna och belysa där det faktiskt behövs. Hon menar att försöka förlänga dagen är oekonomiskt och inte heller estetiskt, därav fokus bör ligga på att utnyttja mörker och skuggor och genom dessa skapa nya upplevelser av staden under de mörka timmarna. Borg skriver "För att skapa lättlästa rum är det viktigaste att använda ljus på vertikala ytor och skapa variation. För mycket ljus blir lätt 'visuellt buller' som stör" (2000:7).

3. Stadsträdgården och Studenternas IP

Att skapa en förståelse för hur en plats är uppbyggd och används idag kan bidra till att förstå vilka ljusföroreningar som finns på platsen. Detta kan också leda till en ökad förståelse kring hur man skulle kunna förebygga dem.

Det undersökta området ligger placerat i sydvästlig riktning från Uppsala Centralstation. Ytan angränsar till Svandammen i norr och Sjukhusvägen i väster medan Fyrisån utgör en barriär till öster. I söder återfinns en asfalterad bandyplan och därefter övergår landskapet till en mer parklik miljö med mindre byggnationer och åkrar. Området som undersöks innefattar idrottsarenan Studenternas IP, som är en samlad idrottsplats, och Stadsträdgården. Området utgör en del av stadsrummet som används av olika åldrar och till olika ändamål. Detta medför ett intresse för att undersöka belysningen på platsen då människor rör sig genom detta område året runt, vilket innefattar de mörka vintermånaderna. Valet av den geografiska avgränsningen har gjorts utifrån tidigare kunskap och undersökning av Stadsträdgården. Att nu undersöka vidare kring platsens belysning och hur den används och är placerad ger ytterligare en förståelse och kunskap kring landskapsarkitektur. Kartan (se figur 2) ger en insikt i hur det undersökta området ser ut.



Figur 2. Karta över det undersökta området (markerat i rött) som består av Stadsträdgården och Studenternas IP i Uppsala. (Illustration: Lindqvist 2022. Bakgrundsbild: Flygfoto © Lantmäteriet)

3.1 Ljussättning av platsen

Stadsträdgården har sitt ursprung i det sena 1800-talet och var tidigt en samlingsplats för stadens invånare (Uppsala Kommun 2020). Belysningen av parken har utvecklats i takt med samhällets tekniska utveckling. Från början bestod förmodligen belysningen i parken av gaslampor som tändes och släcktes manuellt, idag är det LED-lampor som har tagit över ljussättningen av Stadsträdgården (Mörk 2022). Dessa lampor har ett diafilter installerat för att skapa en avbländad belysning och en estetisk ljuseffekt i kupan (Mörk 2022).

De armaturstolpar som undersöktes på platsen hade en ljusspridning som lyste runt hela stolpen, vilket går i enlighet med information från Mörk (2022). Ljuset från dessa har ingen specifik riktning utan lyser upp runt hela stolpen. En annan stor ljuskälla är de stora strålkastarna från idrottsarenan Studenternas IP. Dessa lampor har ett vitt starkt sken och lyser inte bara ner på idrottsarenan utan skapar även ett ljus upp mot himlen. Parken har en lekplats där barnfamiljer vistas året om

medan de större öppna ytorna i parken används av alla åldrar, men till största del under sommaren. Det finns riktad belysning mot den lägre vegetationen som saknar en avbländande effekt.

Området har få buskage och träden är antingen flerstammiga eller har ett grenverk som startar på en hög höjd. Detta ger långa siktlinjer av området och armaturens sken kan lätt sprida sig runt platsen. Lägre vegetationen finns runt den lekpark som ligger i mitten av Stadsträdgården, och är väl upplyst.

En annan ljuskälla som finns på platsen idag och förmodligen inte funnits tidigare är ljus i form av ljusdesign (se figur 3). I Grön fakta från 2000-talets början nämns ljussättning av omgivningen av en plats i stället för endast gångbanan, då för att skapa en tryggare upplevelse utan mörka barriärer runt sig (Borg 2000). I dag används ljusdesign och ljussättning av platser som en konstform och kan skapa identitet på platsen (Lind 2021). Detta är något man kan se i det valda området idag.



Figur 3. Ljussättning som konst eller ljusdesign är en ny installation i Stadsträdgården om man jämför med hur det kan ha sett ut på 1800-talet. (Foto: Lindqvist 2022).

3.2 Upplevelsen av platsen

Fältbesöken ägde rum efter solnedgången den 22 februari samt 3 mars för att få en uppfattning om området under dygnets mörka timmar. Det var - 3 grader under första besöket och + 2 grader vid andra besöket. Det var ingen vind och det var en klar himmel vid båda besöken. Hela området upplevdes väldigt ljust under båda besöken, detta kan vara en kombination av mängden belysning och det täcke av snö som klädde marken. Upplevelsen av platsen kändes trygg och stillsam att vistas på

då belysningen hade ett behagligt sken och lyste upp även utanför gång- och cykelbanan. Genom att belysningen lyste runt hela armaturstolpen fick man som besökare en större möjlighet att se längre. Fördelen med de avbländande LED-lamporna som används i armaturerna i dag är att de skapar ett jämnt ljus över gång- och cykelbanan och visar tydligt hur man kan ta sig runt på området (Mörk 2022).

Strålkastarna över idrottsarenan Studenternas IP kunde ses på långt avstånd, redan på väg mot området kunde man se hur himlen lyste upp av starkt sken ovanför vårt valda område. Vart man än befann sig i och runt Stadsträdgården och Studenternas IP kunde man se det skarpa ljus som strålkastarna över idrottsarenan genererade. Detta bidrog till den ljusa känslan på platsen, där även natthimlen upplevdes ljus.

Fyrisån är ett närliggande vattendrag som under besöket var delvis öppet vatten, delvis frusen till is. Man kunde tydligt se hur ljussättningen kring ån reflekterades i vattnet, även den del av ån som var is upplevdes väldigt ljus då den vita isen reflekterade ljus på ett effektivt sätt. Som nämnts tidigare lyste ljuset från armaturstolparna upp området runt hela stolpen, ljuset från armaturerna hade ingen avgränsning vilket gjorde att ljuset nådde vattenytan. Närliggande fasadbelysning skapade också en stark reflektion i vattenspegeln. Något som uppmärksammades under fältbesöket var dock att det inte fanns armaturer direkt intill ån, utan där ligger en gångbana som inte var upplyst. Detta skapade en liten distans mellan vattnet och den belysning som lyste upp gång- och cykelbanan som leder genom områdets östra del.

Det var ett flertal buskage och solitära träd som var upplysta under fältbesöket, vilket bidrog till en låg andel mörka partier i Stadsträdgården. Det var kombinerade armaturstolpar med riktad belysning vilket gav en bländande upplevelse när man passerade på gångstråket. Den belysning som lyste upp vegetation från andra riktningar än från armaturstolpar, gav en mer dekorativ belysning. Inom området var det tydliga riktningar i armaturen som belyste både gång- och cykelvägar, vegetation samt lekyta. Känslan var att ljussättningarna försökt skapa en trygg plats utan mörka inslag och därav riktat en del av ljuset mot vegetationen. Stora delar av området var upplyst, vilket dels förstärktes av snötäcket.

Som nämnt upplevdes platsen väl upplyst, vilket kan bero på snötäcket, men framför allt på den stora mängd belysning som återfanns i området. I figur 4 kan man se ungefär hur belysningen är placerad, och få en känsla av hur ljus platsen upplevdes.



Figur 4. Armaturkarta över Stadsträdgården och Studenternas IP. Kartan visar ungefärlig placering av armaturerna och mängden belysning som återfinns i området. (Illustration: Johansson & Lindqvist 2022. Bakgrundsbild: Flygfoto © Lantmäteriet).

4. Ekologiska konsekvenser och åtgärder

Ljusföroreningarna på platsen bidrar till många ekologiska konsekvenser för arterna som lever i och omkring det valda området. För att tydliggöra hur ljuset påverkar olika typer av arter har de största ekologiska konsekvenserna delats in i underkategorier i följande kapitel. Respektive underkapitel exemplifierar en eller flera arter som blir utsatta för det artificiella ljuset och hur det påverkar dem. Inom respektive underkapitel ges exempel på hur landskapsarkitekten kan gestalta och planera för att motverka problemet med den angivna ljusföroreningens konsekvens.

4.1 Insekternas ansamling vid ljus

Insekter attraheras ofta till ljus varför utomhusbelysning ofta resulterar i att många insekter ansamlas vid dem (Helldin 2020). En standardiserad gatlamppa lockar till sig insekter på cirka 20 meters håll, men i vissa fall även från 50 meters avstånd (Eklöf 2020). Studenternas IP har dock inte vanliga standardiserade lampor, utan strålkastare med hög styrka (se figur 5), vilket betyder att dess konsekvenser antagligen är större. Belysningens ljus som lockar till sig insekter kallar Eklöf (2020) för "dammsugareffekten" och förklarar vidare att hela populationer flyttar närmare stadskärnor för att komma så tätt in på de artificiella ljuskällorna som möjligt. Han förtydligar att det inte bara är insekterna som flyttar, utan också de insektsätande arterna, varav hela ekosystem förskjuts. Detta resulterar i en emigration från skog och landsbygd in mot de upplysta städerna, och arterna tvingas in i ett hårdgjort och upplyst habitat som de oftast inte är anpassade att överleva i. De nya levnadsförhållanden som djuren tvingats in i resulterar ofta i att populationer minskar och så småningom dör ut, om de inte hinner anpassa och utveckla sig till den urbana miljön (Bowman & Hacker 2020). Bowman och Hacker benämner den förändrade livsmiljön som en ekologisk fälla där förhållandena först ser bra ut för att sedan vara förödande för den angivna arten. Det uppstår en ekologisk fälla, inte bara i bemärkelse av ett nytt habitat, utan även då predatorer samlas runt ljuskällorna för att äta upp de förvirrade insekterna (Eklöf 2020). Eklöf skriver om en fältundersökning han genomförde 2010 i Malaysias regnskog där han uppmärksammade insektsfaunan runt en ljuskälla. Han beskriver hur nattfjärilar, skalbaggar, myggor, sländor och andra insekter samlades i ljuspelaren från en

ficklampa, vad de inte visste var att en stor bönsyrsa hade satt sig på ficklampans kant och fångade in byte efter byte i den enkla fällan. Eklöf förtydligar här att det fungerar på samma sätt med våra lampor i staden när insekterna lockas till ljuset.



Figur 5. Bild från Stadsträdgården mot Studenternas IP, där strålkastarljuset tydligt lyser upp området och kan locka till sig insekter från långt avstånd. (Foto: Lindqvist 2022).

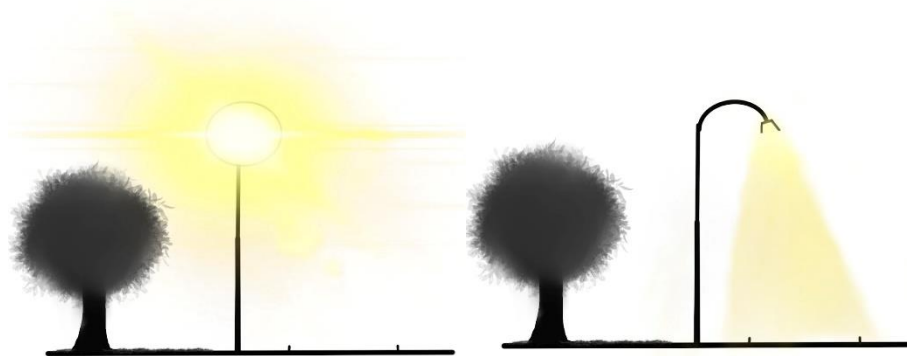
4.1.1 Åtgärd: Utformning och ljusriktning

Det första steget i att motverka insektsansamlingen som Eklöf (2020) benämner som dammsugareffekten är att försöka minska avståndet som insekterna lockas ifrån. Första frågan som man som landskapsarkitekt eller ansvarig planerare för området ska ställa sig är “Behövs belysning här?” (IDA 2022a). Som tidigare nämnt i denna uppsats har människan efter LED-lampans tillkomst börjat belysa allt fler platser, och ibland utan att det behövs, varav frågan är nödvändig (ARTpodden 2022). Uppsala kommun (2022) har bekräftat att idrottsarenan inte används dygnet runt, därmed kan belysningens nödvändighet ifrågasätta.

Om det däremot skulle behövas belysning på ett område är det viktigt att välja rätt utformning på armaturen (IDA 2022a). IDA är en förkortning av International Dark-Sky Association, som är en organisation som arbetar med att motverka ljusföroreningar. Organisationen visar bland annat på hur armatur ser ut idag och hur de bör se ut för att minska onödiga ljusföroreningar från artificiella ljuskällor (se figur 6). De benämner godkänd belysning som “Fixtures that shield the light source to minimize glare and light trespass and to facilitate better vision at night” (IDA 2022b). Med hjälp av avskärmning kan spridningsljuset från ljuskällan

minska, och på så vis även avståndet som den lockar insekter ifrån (ARTpodden 2022). Både Studenternas IP och Stadsträdgården bör se över sin belysning så att bländande armatur byts ut till en med avskärmning. Detta kan i sin tur leda till att avståndet som insekterna lockas ifrån blir mindre, dammsugareffekten minskar och att ekosystemen får behålla sin biodiversitet (Eklöf 2020).

Genom att arbeta med ljusets riktning kan man komma ännu längre i arbetet att motverka dammsugareffekten (Eklöf 2020). Insektsemigrationen som sker från landsbygden in mot staden kan delvis motverkas genom att precisera belysningen (IDA 2022a). Vidare skriver organisationen att preciseringen bör vara rakt uppifrån och ner mot den önskade belysta ytan så att inget spilljus går ut över omkringliggande områden (se figur 6). Efter att avskärmning och preciserad riktning skett bör armaturen inom området inte utgöra en ekologisk fälla i samma utsträckning som tidigare.

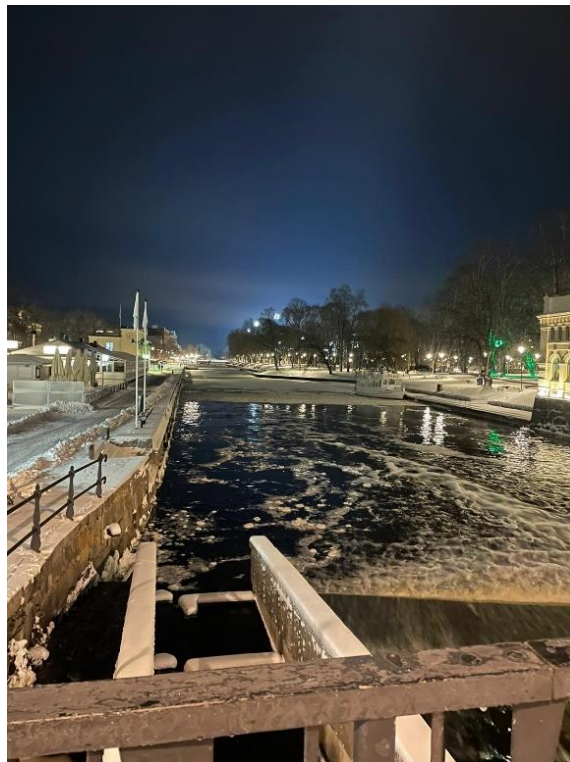


Figur 6. Till vänster ses armatur utan kåpa och med stor andel ljusföroreningar. Till höger ses armatur med kåpa, vilket minskar ljusspridningen och resulterar i att insekter inte kan lockas från så långt håll. (Illustration: Johansson 2022).

4.2 Navigering i mörker

Flera av de nattlevande djuren navigerar efter månens sken och den naturliga nattens mönster (Eklöf 2020), därför kan Studenternas IP och övrig armatur i området utgöra ett problem för dessa arter. Eklöf redogör för hur fåglar navigerar efter stjärnhimlen i sin färd mot varmare breddgrader. Han tar upp studier och artiklar som påvisar att bländande ljus över fåglars migrationsstråk dödar och skadar dem, med det hårda artificiella ljuset. Detta uttrycker han som "...ljusets hypnotiserande dragningskraft." (2020:97) som resulterar i felaktig navigation med förödande konsekvenser. Ett exempel Eklöf tar upp i sin bok är hur det runt fyra har hittats hundratals döda fåglar som har hypnotiserats av fyrlampans starka ljus över havet och bort från sin korrekta kurs, endast över en natt.

Det är inte bara fåglar som navigerar efter stjärnhimlen utan även insekter (Eklöf 2020). Dyngbaggen tas upp som ett tydligt exempel i Eklöfs bok, där insekten i fråga regelbundet vänder sig om mot natthimlen för att memorera konstruktionen av stjärnorna och på så vis kunna hålla rätt kurs. Med det artificiella ljuset, som till exempel Studenternas IP utger (se figur 7), kan arten förlora sig i navigeringen då stjärnornas kontrast på himlen uteblir. Utan navigeringsfunktion kan det bli problematiskt att hitta korrekt habitat, föda och partner för reproducering (Eklöf 2020). Detta i sin tur kan ge problem för hela den angivna arten och därav biodiversiteten.

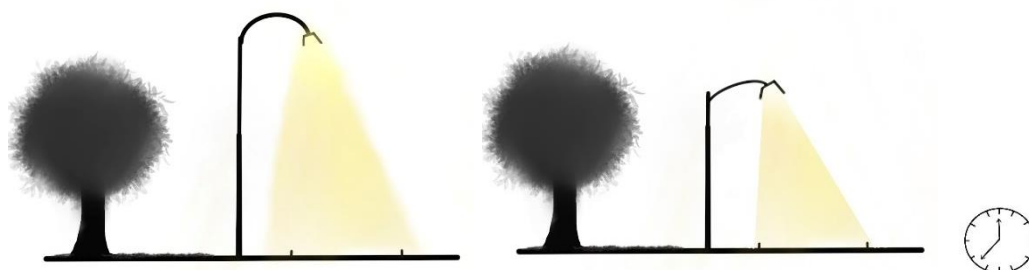


Figur 7. På Munkgatan, 900 meter norr om Studenternas IP, kan dess ljusföroreningar i form av himlaglim ses tydligt. (Foto: Lindqvist 2022).

4.2.1 Åtgärd: Höjd- och tidsanpassning

För att minska problemet med den beskrivna typen av felnavigering hos fåglar kan åtgärder i form av höjdanpassning göras (ARTpodden 2022). I samband med att armaturen sänks (se figur 8) kommer himlaglimmet längre ner mot marken vilket gör att en mindre andel ljus når de högt flygande fåglarna. Att armaturen sänks resulterar också i en mindre spridningsyta av ljuset och skapar precisionsbelysning vilket kan underlätta för små insekter som navigerar efter stjärnhimlen (ARTpodden 2022).

Ett sätt att undvika onödiga ljusföroreningar från utomhusbelysning är att sätta timer eller rörelsedetektorer på ljuskällorna (IDA 2022a). De marknära insekterna kan fortfarande ha svårt att utgöra stjärnhimlens mönster, även med den angivna höjdanpassningen, varav ytterligare åtgärd krävs (Eklöf 2020). Om Stadsträdgården till exempel inte används mycket under vardagsnätter är det onödigt ljusläckage som resulterar i ljusföroreningar dessa timmar som armaturen är på. Om det däremot är ett fåtal sporadiska besök inom denna tidsram kan en rörelsestyrd armatur vara fördelaktig för att lysa upp området. Genom att minska tiden som armaturen är i gång kan de nattlevande arterna få enklare att navigera efter himlens naturliga ljus (Eklöf 2020).



Figur 8. Höjdanpassad armatur ger mindre spridningsljus och mindre andel himlaglim. Att anpassa tiden som armaturen är i gång, alternativt ha rörelsestyrd belysning, bidrar till en mindre andel ljusföroreningar. (Illustration: Johansson 2022).

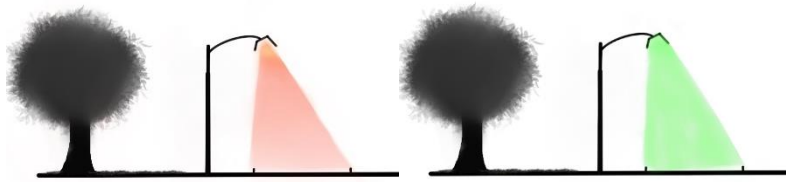
4.3 Skymningens djur

Innan solen helt har gått ner tänds både Studenternas IP stora strålkastare och Stadsträdgården belysning, vilket gör att skymningen försvinner. Det är när dagen övergår i natt som de flesta däggdjur är aktiva och den uteblivna skymningen kan skapa problem för dessa arter (Eklöf 2020). Ytterligare förtydligas detta genom att påvisa hur älgar är ute på åkrarna när mörkret lägger sig, liksom rävar är ute efter sina bytesdjur i den angivna skymningstiden. Ugglan benämns också som en tydlig skymningsanpassad art med specialiserade ögon för just den tid på dygnet när solstrålarna avtar. Det upplysta samhället med sitt artificiella ljus tränger bort älgarna, rävarna och ugglorna från stadsnära miljöer då de inte kan skaffa föda i den belysta miljön (Eklöf 2020). Han menar att människan är unik bland däggdjuren genom att ha dagen som den mest aktiva delen i dygnet. De flesta andra däggdjur föredrar natten och dess övergång mellan ljus och mörker, vilket innebär att det är viktigt att bevara ljusets naturliga rytm (Eklöf 2020).

4.3.1 Åtgärd: Färgåtergivning

Hur färger upplevs och syns skiljer sig både mellan människa och djur men även mellan olika djur, det kan därför vara fördelaktigt att anpassa ljusspektrumet för nattlevande arter i ett område (Spoelstra 2020). ARTpodden (2022) förklarar att ljusföroreningar fortfarande är ett nytt forskningsområde och konsekvenserna av våra LED-lampor är inte alltid helt bekräftade. Däremot har forskning påbörjats inom området med färgåtergivning och flera forskningsprojekt pågår idag för att identifiera konsekvenserna av det vita ljus som används idag, som bland annat återfinns i Stadsträdgården och Studenternas IP (Spoelstra 2020). Något som den nederländska forskaren Spoelstra har bekräftat är att de korta våglängderna, det vill säga blått ljus, bör undvikas för nattaktiva varelser. Han påpekar också att UV-ljus alltid bör undvikas då det ligger utanför det mänskliga ljusspektrumet, vilket utgör en onödig energiförbrukning då det inte tillför något i vår synupplevelse. Genom att inte återge UV-ljus kan skymningsanpassade arter förhoppningsvis se lite bättre i staden (Spoelstra 2020). Gällande färgåtergivning menar Spoelstra att preferenser skiljer sig mellan olika arter och dess habitat. Han exemplifierar detta genom att påvisa studier som genomförts på bland annat insekter under skymning och natt. Här förklarar Spoelstra att insekter alltid attraheras av starkt ljus under nattetid, men framför allt UV, blått och grönt ljus. Vidare skriver han att det är långa våglängder, det röda ljuset, som arbetar fördelaktigt i strävan efter att minska ansamlingen vid ljus. Även fladdermöss och gnagare anses bli mindre påverkade av det röda ljuset, och därför kan det användas fördelaktigt för en ökad biodiversitet i staden (Spoelstra 2020).

För fåglar verkar det som att det prefererade ljuset skiljer sig mellan olika arter (Spoelstra 2020). Spoelstra beskriver att fåglar ofta blir desorienterade av ljus som förekommer i en annars mörk omgivning, som till exempelvis runt oljeriggår, industriområden eller husfasader. Han säger att nattaktiva flyttfåglar påverkas mindre av det gröna ljuset och därför blir inte desorienteringen lika stor. Detta kontrasteras mot Talgoxen som vilar under natten, som blir mindre störd av grönt och rött ljus som återges. Forskningen visar att det är viktigt att se till de enskilda arternas behov, men även att ljusföroreningarna alltid bör vara så låga som möjligt (Spoelstra 2020). En del av Stadsträdgårdens belysning bör därav bytas ut till röd eller grön belysning (se figur 9), beroende på vilka arter som finns efter inventering av området.



Figur 9. Fördelen med dagen LED-belysning är att färgerna kan anpassas efter de tre lysdioder som fördelar ljuset. (Illustration: Johansson 2022).

4.4 Ljusintensitetens påverkan

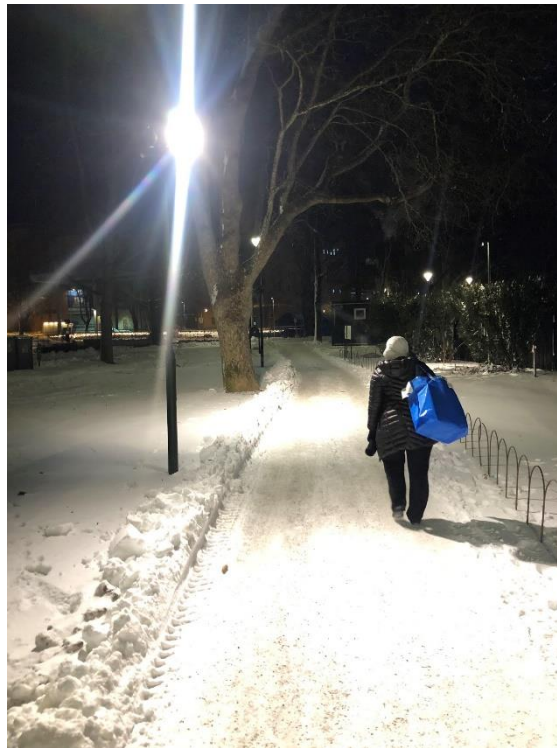
Ljusintensiteten är också något som påverkar insekter och djur på flera sätt:

“Artificiellt ljus kan förlänga eller förkorta produktionstiden, tidigarelägga kläckningen och inverka på metamorfosen, det vill säga insektens förvandling från larv till puppa till vuxen individ. Ljus kan förändra förutsättningarna för jakt och pollinering, påverka födointag, flykt och migration, ja, kort sagt alla delar av en insekts liv.” (Eklöf 2020:32).

Ljusets intensitet har även inverkan på tillväxten hos en del insekter, som till exempel syrsor (Eklöf 2020). Det förklaras att om det naturliga ljusets rytm sätts ur balans genom att intensifieras och förlängas kommer tillväxten avstanna, eller fördröjas. Vidare förklarar Eklöf att det innebär att påverkade individer blir mindre och svagare än om de hade vuxit i normal ljusmängd. Han förklarar att den ökade ljusintensiteten som ofta kommer med artificiell belysning också kan påverka födomönster. Eklöf skriver att en del nattlevande djur kan välja att avvakta med att äta och para sig en natt då månens sken lyser starkt. För att inte bli ett lättåtkomligt bytesdjur väntar djuren i hopp om att månen ska lysa svagare, eller skymmas av ett moln efterföljande natt (Eklöf 2020). Vidare förklarar han att det starka skenet ofta inte avtar då det är artificiellt ljus som slås på. Detta innebär att arten förgäves väntar på det svagare “månskenet” för att kunna hämta föda i den artificiellt belysta parken som inte släcks. Eklöf (2020) menar att detta kan resultera i att djuret inte äter och blir svagare, och till slut dör. Stadsträdgården har en del riktad belysning som har höga ljusintensitet, dessa kan antas ha en stor påverkan för både insekternas tillväxt och födomönster (se figur 10).

Precis som insekterna påverkas av ljusets styrka gör även växter det (Eklöf 2020). Eklöf diskuterar huruvida växterna känner av ljusintervall och därefter anpassar sina cykler. Vidare förklarar han att våra LED-lampor med sitt blåaktiga sken liknar förmiddagssolen med sina korta våglängder, till skillnad från den äldre

gaslampan som liknade eftermiddagssolens strålar. Han nämner studier som gjorts runt om i världen för att se hur just växter påverkas av det artificiella ljuset. Resultatet av dessa studier visar att blomningen inte påskyndas, utan istället hämmas helt och hållet i vissa fall, vilket skiljer sig från vad man tidigare trott. Ytterligare ett problem med växter som ljusintensiteten påverkar är pollineringen (Eklöf 2020). Eklöf beskriver en undersökning som gick ut på att mäta det artificiella ljusets påverkan på ängar med kåltistlar som blivit upplysta under natten, gentemot kåltistelängar som inte hade blivit upplysta. Resultatet redovisade att det var 62% färre insektsbesök på det upplysta fältet. Detta i sin tur resulterade i att frukterna blev färre på det artificiellt upplysta fältet då pollinatörerna frångick den ytan, vilket kan vara problematiskt för en arts överlevnad. Detta kan också appliceras på Stadsträdgårdens upplysta praktplanteringar och buskage.



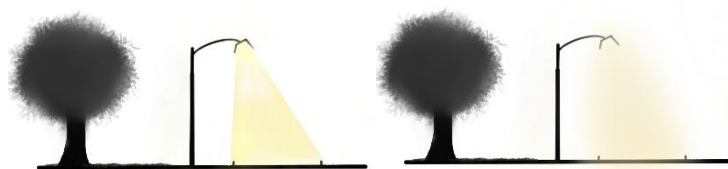
Figur 10. Stadsträdgårdens riktade belysning saknar avbländande skärmar eller filter vilket ger ett starkt bländande ljus. (Foto: Lindqvist 2022).

4.4.1 Åtgärd: Ljusstyrka

För att motverka de konsekvenser som tillkommer med vårt starka artificiella ljus kan en ljusintensitetsanpassning behöva göras. För att förstå ljusets styrka kan man jämföra det naturliga och artificiella ljusets intensitet. Eklöf och Rydell (2018) förklarar att solens ljusintensitet vid solnedgång uppmäter 40 lux. Vidare

exemplifierar de att ljusintensiteten under en molnfri natt vid fullmåne uppgår till 0,3 lux, och påpekar att det är detta ljus många arter är anpassade för. Detta kan jämföras med vårt skapta LED-ljus som återfinns i utomhusarmatur och har cirka 50 lux (Jägerbrand 2018). Strålkastarnas ljus över Studenternas IP är däremot betydligt starkare och uppgår till 1200 lux vid matcher (Uppsala Kommun 2022), vilket då är cirka 400 000 gånger starkare än fullmånens ljus. Som tidigare nämnt avvaktar vissa arter med livsnödvändiga funktioner om det lyser för starkt, därför avvaktar en del djur till fullmånens är över och då endast har en belysningsstyrka på 0,05 - 0,2 lux (Jägerbrand 2018). Med förståelse för den normala ljusintensiteten kan det konstateras att Uppsala Stadsträdgård och Studenternas IP är ett för ljusst område för många nattlevande arter. Genom att förändra ljusintensiteten på nattlig belysning kan vi skapa ytor där arter kan få bättre möjlighet för tillväxt, reproduktion och jakt (se figur 11).

I Uppsalas Stadsträdgård återfinns flera praktplanteringar med många olika blommande växter, som kanske aldrig når sin fulla prakt med det artificiella ljuset som stör. Eklöf (2020) menar att om ljusintensiteten på platsen förändras till det mindre kan det resultera i att fler pollinatörer hittar till de blommande växterna. Han skriver att detta är fördelaktigt för både djur- och växtarter i strävan mot ett mer hållbart samhälle. Genom att minska ljusintensiteten i Stadsträdgården kan det alltså gynna pollinatörer och andra arter inom djurriket vilket arbetar fördelaktigt för biodiversiteten i staden.



Figur 11. Förändring i armaturens ljusintensitet kan arbeta fördelaktigt både för djur och växter i omgivningen. (Illustration: Johansson 2022).

4.5 Avsaknad av mörker

I en strävan mot ökad trygghet och starkare identitet i staden lysas alltmer historiska landmärken och byggnader upp i samhället (Lind 2020), däribland några som ligger i och i anslutning till Uppsala Stadsträdgård (se figur 12). Ljussättning av historiska byggnader kan ge stora konsekvenser för till exempel de mörkeranpassade fladdermössen (Eklöf 2020). Enligt Artdatabanken (2020) är 12 av våra 20

fladdermusarter i Sverige hotade och därför är det viktigt att förstå och anpassa habitat för deras överlevnad. Forskaren Johan Eklöf (2020) säger att fladdermössen väntar ut ljuset innan de rör sig utanför sina habitat, vilka ofta återfinns i gamla kyrktorn. Vidare menar han att om det artificiella ljuset släcks tidigare inom dessa habitat har de rödlistade djuren mer tid att röra på sig vilket då ger en bättre chans för arterna att återhämta sig.

Även om fladdermössen sällan vågar sig ut i den artificiellt upplysta natten kan arten dra viss fördel av att jaga intill en ljuskälla (Eklöf 2020). Eklöf förklarar att fladdermöss äter nattfjärilar och navigerar i mörkret med sitt eget ekolod, kallat ekopejlingsljud, som uppgår till 130 decibel. Vidare förklaras att nattfjärilarna har en försvarsmekanism där de hör dessa fladdermöss höga tonarter och djupdyker i undanmanövrar för att undvika att bli bytesdjur. Eklöf (2020) tar upp en gammal studie från 1998 som publicerades i tidskriften *Animal behavior* där forskarna upptäckte att fjärilens undanmanövrar uteblev om de flög i artificiellt ljus. Han påvisar därefter hur en upplyst miljö försätter nattfjärilen i en falsk trygghet där den antagligen uppfattar ljuset som dag och därav kopplar bort sitt försvarssystem för den nattlevande predatorn.



Figur 12. Pumphuset intill Stadsträdgården i Uppsala är en historisk byggnad med kulturellt värde och har en upplyst fasad. (Foto: Lindqvist 2022).

4.5.1 Åtgärd: Avstånd och sammanhängande stråk

Den utrotningshotade fladdermusen behöver extra åtgärder för att behålla sina habitat och överleva i den upplysta staden (Eklöf 2020). Eklöf förklarar att första steget i anpassningen för fladdermusen är att kontrollera dess habitat och försöka låta dem förbli mörka. Ofta bor de dock i historiska byggnader som lysas upp för

både identitet, trygghet och estetik, därför går det inte alltid att släcka ner ytan (ARTpodden 2022). ARTpoddens webinarium exemplifierade andra åtgärder som man kan göra för att försöka förbättra den utsatta artens habitat. De säger till exempel att man endast ska belysa ena sidan av den historiska byggnaden för att ge plats åt jakt och flykt åt andra hållet som förblir mörkt. I nuläget är Stadsträdgårdens byggnader upplysta från flera håll, vilket kan förändras för att skapa mörka passager åt de nattlevande djuren. Eklöf (2020) tar upp att det ska finnas ett oupplyst träd inom två meter från byggnaden för bästa resultat, vilket även det bör ses över inom Stadsträdgårdens och idrottsarenans upplysta fasader.

Ytterligare ett sätt att hjälpa de ljuskänsliga arterna på är att skapa sammanhållna mörkerstråk (ARTpodden 2022). Podden förklarar att dessa mörka sträckor, med längre avstånd mellan armaturerna, skapar möjligheter i form av till exempel skydd. Genom att skapa sammanhängande mörker skulle den tidigare angivna nattfjärilen antagligen föredra mörkret och på så vis lyssna efter fladdermusens ekopejlingsljud och inte bli ett så lättåtkomligt bytesdjur. Precis som vi människor vill ha sammanhängande grönstruktur och gång- och cykelvägar hade det varit fördelaktigt för biodiversiteten med sammanhängande mörkerstråk (ARTpodden 2022). Dessa efterfrågade mörkerstråk kan med enkelhet skapas genom Stadsträdgården genom att till exempel ha längre avstånd mellan armaturen (se figur 13).

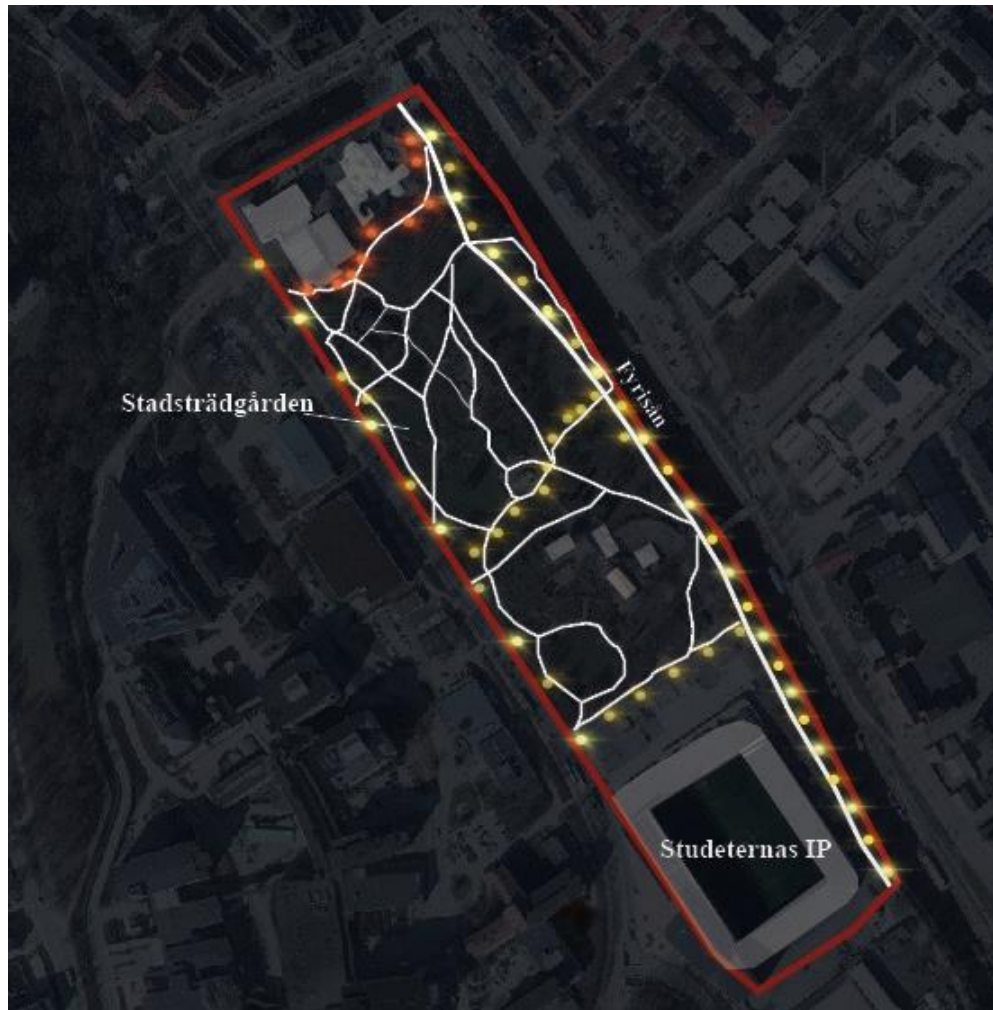


Figur 13. Ökat avstånd mellan armaturstolparna ger mindre ljusföroreningar och möjliggör mörka passager för djur. (Illustration: Johansson 2022).

4.6 Sammanfattning av åtgärder för Stadsträdgården och Studenternas IP

I figur 14 syns flera av de presenterade åtgärderna som tagits upp i kapitlet om ekologiska konsekvenser och hur en landskapsarkitekt kan motverka dem. Anpassning i utformning, höjd och riktning är att föredra på samtlig armatur inom området. En rörelsestyrd belysning bör finnas inom områdets mittpunkter för att ge sammanhängande mörkerstråk där mindre djur kan röra sig. Människor hänvisas istället till de två upplysta stråken som löper genom parken, alternativt de längs med

Stadsträdgårdens ytterkanter. Dessa stråk har även anpassats i ljusintensitet där varannan lampa har lägre lux, vilket bidrar till flera mindre mörkerstråk. I det nordvästliga hörnet av parken har armaturer kring fasaderna på ena sidan släckts och en röd färgåtergivning har gjorts på andra sidan av husen. Studenternas IP släcks ner helt under tiden det inte är träning eller match. Genom att göra en ordentlig genomgång, omformning och inventering av platsen och dess arter kan ytterligare utveckling och precisering för ytan ske.



Figur 14. Förslag på hur Stadsträdgården idrottsarenan kan utformas efter att anpassning i ljus gjorts för att motverka de identifierade ljusföroreningarna på platsen. (Illustration: Johansson & Lindqvist 2022. Bakgrundsbild: Flygfoto © Lantmäteriet).

5. Landskapsarkitekters påverkan

Det finns konkreta tips kring hur landskapsarkitekter kan påverka ljusföroreningar i staden. Att ta ställning redan i planeringsprocessen kan vara avgörande för hur projektet slutförs och hur belysningen upplevs. En förståelse för att det går att motverka föroreningar och att den urbana miljön är beroende av ljus och mörker för att vara en fungerande plats, är en viktig aspekt för både människor och djur. Efter den analys och undersökning som har skett inom ämnet ljusföroreningar i den urbana miljön har det blivit tydligt att det finns en del motsättningar. Några av dessa känns intressanta att lyfta och fundera kring.

5.1 Motsättningar

Skulle uppsatsen endast se till det ekologiska perspektivet är det enkelt att säga att bara stänga av all belysning under nattetid. Detta skulle ge stor positiv inverkan på den urbana biodiversiteten då alla nattaktiva djur skulle kunna röra sig fritt under dygnets mörka timmar. Men här finns en motsättning i att människor och djur delar på stadens utrymme. Släcker man all belysning är det svårt för människan med sitt dåliga nattseende att röra sig runt om i staden efter solnedgången. Vi skulle då återgå till en tid utan belysning och på så sätt begränsa vår tid utomhus. Framför allt människor bosatta i norra delarna av världen, med det korta dagsljuset under vintermånaderna, skulle bli påverkade. Det blir även en fråga kring trygghet och vikten av att känna sig trygg i staden. Här behöver man hitta en mellanväg, där människan och djuren kan samverka och kanske dela upp staden mellan sig. Vissa partier får behållas mörka för att skapa platser där djur kan röra sig, medan de effektivaste passagerna prioriteras ljusmässigt och samlar människor på ett ställe. Enligt Borg (2000) skulle detta kunna bidra till trygghetskänslan, då social samvaro ofta resulterar i en tryggare plats.

En annan aspekt att ta med i detta är den okunskap som råder kring ljusföroreningar. Efter diskussioner kring ljusföroreningar med medstudenter, familj och vänner upplevs en brist på kunskap kring ämnet och vad som faktiskt orsakar ljusföroreningar. De flesta kopplar ljusföroreningar till kraftiga strålkastare och gatubelysning, medan den egna belysningen på tomten, fasadbelysning och ljusslingor inte räknas med. Skulle allmänheten få en större förståelse över hur de kan minska ljusföroreningar skulle de inse att de själva kan hjälpa till med små

medel. Här behövs en kompromiss då det som nämnt tidigare är svårt att bara stänga av allt. Att ha tänt under den vakna tiden och stänga av ytterbelysning under den tiden på dygnet man sover kan hjälpa de djur som rör sig i området.

Ljussättningen av Studenternas IP har lyfts i denna undersökning då strålkastarna är starka och lyser upp himlen. Frågan ställdes till kommunen kring denna belysning och om det gick att sänka den på något sätt, de meddelade att det är Tv-bolagen som har angett vilken styrka belysningen behöver ha för en arena med lag i allsvenskan (Uppsala kommun 2022). De nämnde även att de sänker belysningen när det är träning, men upplevelsen av belysningen när fältbesöket genomfördes var väldigt stark, trots att det inte var någon match som spelades, utan endast träning. Här borde kommunen ha ett större ansvar för de ljusföreningar som de kan påverka. Dessvärre hade kommunen inte något svar på hur de tänker gällande utformningen av platsen och dess ljusföreningar eller de ekologiska konsekvenserna som kommer med dem.

Något som har kommit upp under denna undersökning är att varje plats är unik och kan behöva olika åtgärder för att minska föreningarna. Platser i de centrala delarna av staden där mycket människor rör sig under alla dygnets timmar kan behöva prioriteras i ett ljussättningsperspektiv. Medan platser där väldigt få människor rör sig om natten kan släckas ned för att värna om djurlivet. Att ta fram en plan för ljussättning av staden kan vara ett viktigt steg på vägen (Lind 2021). Detta skulle kunna bidra till att varje enskild kommun ser över städernas belysning och tar fram en plan för hur man på bästa sätt hittar en mellanväg som tar både människor och djur i åtanke.

5.2 Hur kan landskapsarkitekter motverka föreningar i planerings- och gestaltungsprocessen?

För att kunna motverka ljusföreningar redan i planeringsskedet kan det vara bra att ta fram ett kunskapsunderlag för området, exempelvis rödlistade arter och speciella habitat. På så vis börjar planeringen med en förståelse för de djur som kan vara bra att ha i särskild åtanke vid utformning och ljussättning av en plats. Att även förstå hur grönstrukturen är sammankopplad i staden är en viktig aspekt, då sammanhängande stråk är avgörande för vissa djurs överlevnad i staden. Att några av dessa stråk förblir mörka är också en viktig del att ha i åtanke vid planering.

Som nämnt i tidigare kapitel är kunskapsbristen en stor aspekt av de ljusföreningar som sker i dag, vilket kan motverkas genom att säkerställa kunskapen genom hela projektet. Det kan vara bra att lägga in specifikationer rörande belysning genom hela planprogrammet för att det inte ska tappas bort under projektets gång. Att från plan till genomförande utse ansvariga för belysningen kan leda till ökad kunskap genom hela projektet och en förståelse till hur

Ljussättning kan hanteras och minimeras. En annan sak att ta med är att samordna kompetenser mellan olika yrkesroller. Landskapsarkitekter kan exempelvis behöva stöttning av ekologer för att hantera komplexiteten i att skapa en samexistens mellan människor och djur i staden. Att även ta med ljusdesigners och projektörer i ett tidigt skede kan leda till funktionella och intressanta ljussättningar för människor, där man samtidigt kan ha djuren i åtanke.

Vid inventeringen av ett nytt projekt kan det vara viktigt att säkerställa kompetensen hos inventerarna. Det är viktigt att de har en förståelse för vad de ska leta efter och varför det är viktigt att ha vissa aspekter i åtanke. Att inventera både djurlivet och hur människor rör sig i området kan hjälpa till att skapa en plan för ljussättning som anpassar sig efter platsen. En viktig aspekt att ta med vid inventering är vilken tid på året den genomförs, samt vilken tid på dygnet. Många djurs aktivitet syns inte på dagen, varav det kan vara lätt att glömma bort deras existens, som till exempel fladdermöss. Har man inte de nattlevande djuren i åtanke kan hela planeringen göra en stor påverkan på platsen när projektet är färdigställt.

Att genomföra återbesök när platsen är färdigställd kan leda till nya upptäckter. Ser platsen ut som det var tänkt, hur upplevs belysningen på kvällstid, är belysningen riktad rätt, det är frågor man kan ställa sig. Här är det även viktigt att ta med sig lärdomar till nästa projekt då man alltid kan förändra, förbättra och testa nya sätt att minska ljussättningar i urbana miljöer.

Vid prioritering av belysning i gestaltungsprocessen kan man ställa sig frågan var ljus behövs och var mörker behövs. Att förstå sambandet mellan ljus och mörker är viktigt för människan och biodiversiteten. Här kan man fundera kring vilket syfte som belysningen ska ha, ska den leda människor på ett gångstråk eller ska den lysa upp omgivningen för att skapa övergångszoner av ljus och mörkt. Belysningen kan också ha estetiska fördelar, men då är det viktigt att släcka ner ljuset under nattens timmar, då få besöker platsen.

I planeringsskedet kan det vara bra att ha medborgardialoger för att skapa en bild över de närliggande områdena och hur människor rör sig. Det kan vara bra att fundera på vilka stråk som är viktiga att belysa och vilka kan man släcka ner under natten. Att ha i åtanke vilka som är brukarna på platsen kan hjälpa till med prioriteringen av belysningen. Detta kan även hjälpa att samla människor på ett mindre antal gångvägar under de mörka timmarna och på så sätt öka trygghetskänslan på området.

Något att också ta i beaktning i gestaltungsprocessen är ljusinfation. Ett exempel som Lind (2021) tar upp är att belysa en fasad i extra stark belysning, detta säger hon kan leda till att omkringliggande belysning behöver höjas i styrka för att skapa en harmoni på platsen. Detta skapar en ond spiral av att allt ljus successivt ökar för att "överrösta" det ljus som finns runt omkring.

Att arbeta med avbländande ljussättningar, som gjorts i stora delar av Stadsträdgården i Uppsala, bidrar till en behaglig upplevelse av platsen. Att bli

bländad precis som man möter någon kan upplevas hotfullt då man inte kan se personen man möter skriver Borg (2000). En annan aspekt att fundera på är belysningens placering, vilken typ av armatur som ska installeras och varför. Här kan det även vara en fördel att fundera över vilka tider belysningen ska vara tänd, om belysningen behövs under alla mörka timmar. Om belysning endast behövs under de timmar flest människor rör sig i området kan en timeranpassning göras för att gynna både människan och biodiversiteten i staden.

Som ett avslutande tips på vad man som landskapsarkitekt kan göra är att utföra provbelysning. Att testa belysningen, färgåtergivning samt styrka, vinkel och avstånd är en viktig del av processen för att allt ska bli så bra som möjligt. Man kan testa att gå från olika håll och vinklar för att se skillnaden i ljus och armatur. Detta kan med fördel genomföras tillsammans med andra yrkesroller för att få olika synvinklar på ljussättningen.

6. Diskussion

Det finns flera sätt att anpassa ljuset på för att minska andelen ljusföroreningar och öka biodiversiteten. Landskapsarkitekten kan på flera sätt hjälpa till i arbetet mot en mer hållbar framtid genom att arbeta med ljusets inverkan i det urbana samhället. Att sprida kunskapen om ljusföroreningarna och dess himlaglim kan vara det första steget i rätt riktning.

6.1 Resultatdiskussion

För att kunna motverka ljusföroreningar behöver man först förstå vilka föroreningar som finns på den specifika platsen. Varje plats är unik och har sina egna för- och nackdelar som man behöver ta hänsyn till vid planering och gestaltning av ett område. Det är viktigt att ha koll på vilka arter som finns i och omkring platsen, speciellt rödlistade och nattlevande djur där det behövs tas mer hänsyn vid ljussättning. Vissa delar av en yta kanske till och med ska få förbli helt mörka för att ge plats åt de mörkeranpassade arterna. Andra platser som behöver vara upplysta kan ändå anpassas enligt flera av de olika åtgärderna som återfinns i kapitel 4 för att gå mot en bättre och mer fördelaktig ljussättning för biodiversiteten i staden.

Tidigare i uppsatsen har det tagits upp att trygghetsupplevelsen av en plats påverkar beslutet av ljussättning, vilket kan ställas som motsättning mot en fördelaktig belysning för andra arter. Ljussättning kan ses som ett enkelt sätt att bekämpa brottslighet och på så sätt öka tryggheten i staden. Detta kan resultera i att ett område som har högre brottslighet även har mer ljussättning och ljusföroreningar och på så vis mindre anpassning för biodiversiteten. Att ljussätta en plats är dock inte svaret som gör att kriminaliteten försvinner, utan det handlar oftast om större samhällsproblem som kommuner behöver ta hand om. Ljussättning kan göras som ett första steg i att motverka brottsligheten på en plats, men sedan är det viktigt att gå till botten med det ursprungliga problemet till varför platsen känns otrygg. Här kan man fortfarande ha anpassad ljussättning efter de rekommenderade åtgärderna, till exempel riktning på armaturen, färgsättning och höjdanpassning av armaturen så det inte stör andra arter. Genom att säkra kompetensen inom både ljussättning och samhällsproblem kan man skapa en delad yta för människa och djur där ljussättningen arbetar fördelaktigt för båda parterna.

6.2 Resultatet kopplat till hållbarhet

Resultatet av platsstudien samt studerandet av litteratur inom ämnet har visat att motverkning av ljusföroreningar kan bidra till den hållbara utvecklingen i och omkring staden. Det är av stor vikt att förstå sambandet mellan ljus och biodiversiteten i staden, både för djuren och för människorna som bor och vistas där. Allt liv påverkas av ljus och en stor del påverkas av det artificiella ljuset som sprids över världen. För en hållbar utveckling bör ljusföroreningar sättas upp på agendan i arbetet mot en mer hållbar framtid.

Ett alternativ för att få ett slagkraftigt helhetstänk kring dessa föroreningar skulle kunna vara att lagstifta mörka zoner eller ljusföroreningar inom vissa områden där det är känsligt för biodiversiteten. Som tidigare nämnt i uppsatsen kan ljusföroreningar med sitt artificiella ljus påverka hela ekosystem och insekternas migrering från landsbygd till stad. Varpå lagstiftning av dessa föroreningar kan hjälpa till att främja den hållbara utvecklingen inom hela landet. Något som landskapsarkitekter kan implementera är att arbeta med ljussättningspolicys på arbetsplatsen. För innan någon lagstiftning är genomförd kan vi redan börja genomföra en förändring i arbetssättet med belysning.

Landskapsarkitektens yrkesroll är sammankopplad med strävan efter ett mer hållbart samhälle. Med detta skulle samspelet mellan människa och djur kunna tas i beaktning i ännu större utsträckning. Genom att först sprida information om ljusföroreningar till medstudenter och andra landskapsarkitekter kan kunskapen sedan spridas vidare till privatpersoner. När privatpersoner även har en ökad förståelse för ämnet kan det leda till att påverka mindre, enskilda, ljusföroreningar som i sig bidrar till den större helheten och utveckling mot det hållbara samhället. Detta resulterar i att främja både individens välmående och biodiversiteten i staden.

6.3 Metoddiskussion

För att samla information kring ljusföroreningar studerades litteratur inom ämnet. Insamlingen av litteratur hade kunnat utföras på ett annat sätt, i andra databaser och med andra sökord. Detta skulle kunna leda till ett annorlunda resultat. De använda databaserna Primo, Scopus och Google Scholar ansågs dock tillräckliga för att kunna uppnå syftet med uppsatsen när insamlingen skedde. Något att ha i åtanke

kring litteraturen är att det är ett relativt nytt forskningsområde, vilket innebär att det finns en begränsad andel forskningsmaterial och forskare inom ämnet.

Hade den valda platsen för platsstudien inte varit begränsad geografiskt, kanske andra faktorer skulle behövts ta i beaktning. Exempelvis om platsen låg i utkanten av en stad i stället för i de centrala delarna, men också om platsen hade varit placerad längre norr eller söder ut. Vid en undersökning av en plats i norra Sverige hade polarnätter varit en del av förutsättningarna för belysningen under vintermånaderna. Hade undersökningen skett i södra Sverige hade det också kunnat påverka resultatet då det är fler ljusa timmar där under vinterhalvåret.

Vädret spelade en stor roll under fältbesöken, det hade snöat dagen innan första besöket vilket innebär att marken täcktes av ett lager med vit snö. Detta bidrog till att platsen förmodligen uppfattades ljusare än om det inte hade varit snö, då snön reflekterar ljus väl. Under vårt andra besök var det också snö och is på platsen som bidrog till upplevelsen. För att undersöka variationen i belysningen hade det varit fördelaktigt att kunna genomföra fältbesök under olika mörka tider på året. Under sensommaren när det börjar mörkna men alla löv är kvar kan platsen upplevas på ett helt annat sätt än de snötäckta besöken som upplevdes nu under vinterhalvåret. De olika årstiderna bidrar med olika hög andel biodiversitet. Det kan vara enklare att uppfatta avsaknaden av vissa arter under sommartid då de borde vara aktiva under natten, medan det under vinterhalvåret är svårt att avgöra om den låga aktiviteten beror på vintervila eller på att ytan har en låg biodiversitet.

Ekologigruppens informativa webinarium var tillgängligt i ett tidigt skede av skrivprocessen. Detta webinarium med sina talare och den information som gavs, kan ha haft en påverkan på resultatet. Då det blev en stor influens till arbetet kan det ha format vårt tankesätt och upplägg av uppsatsen. Detta kan ha lett till att ytterligare information inte samlades in, då de tips och källor som mottogs från webinariet ansågs både tillräckliga och pålitliga för att starta i gång skrivprocessen.

6.4 Slutsats

Denna studie har visat att landskapsarkitekter har möjlighet att påverka ljusföreningar och anpassa planering och gestaltning, för att främja biodiversiteten i den urbana miljön.

En av de mest betydelsefulla delarna i resultat är bidra med förståelse och kunskap inom ämnet ljusföreningar.

Referenser

- Artdatabanken SLU. (2022). Artfakta: *Fladdermöss*.
<https://artfakta.se/naturvard/taxon/chiroptera-3000299> [2022-03-11]
- ARTpodden (2022). *Mörkerwebbinarium*. [Inspelning webinarium]. Ekologigruppen AB, 2022-01-27. https://www.youtube.com/watch?v=za3xn12_CdE [2022-03-09]
- Bergqvist, S. (2017). Mycket utforskat om ljusföroreningar. *Ljuskultur*. 1.
<https://ljuskultur.se/artiklar/mycket-utforskat-om-ljusfororeningar/> [2022-02-25]
- Borg, J. (2000). Ljus utomhus för trygghet och skönhet i staden. *Gröna Fakta*. 8.
- Boverket (2010). *Plats för trygghet och inspiration för stadsutveckling*.
<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2010/plats-for-trygghet/> [2022-02-14]
- Bowman, W., Hacker, S. (2020). - *Ecology 5th edition*. New York: Oxford University Press
- BRÅ, Brottsförebyggande rådet (2010). *NTU 2009: om utsatthet, trygghet och förtroende*. (Rapport 2010:2). Stockholm: Brottsförebyggande rådet
- Eklöf, J. (2020). *Mörkermanifestet*. Litauen: Natur och kultur 2020
- Eklöf, J., Rydell, J. (2018). Det dödliga ljuset. *Forskning och framsteg*, 8.
<https://fof.se/artikel/2018/8/det-dodliga-ljuset/> [2020-03-14]
- Helldin, J-O., Jägerbrand, A. (2020). Förlusten av mörker. *Biodiverse*. 3, 5.
<http://www.biodiverse.se/number/nr-3-2020-arg-25/> [2022-01-19]
- IDA, International Dark-Sky Association (2022a). *Five Principles for Responsible Outdoor Lighting*. <https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-principles/> [2022-03-04]
- IDA, International Dark-Sky Association (2022b). *Outdoor Lighting Basics*.
<https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-principles/> [2022-03-04]
- Jeppson, K. O., Warell, J. (2022). Nationalencyklopedin, *lysdiod*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/lysdiod> [2022-01-27]
- Johansson, M. (2010). *Mer kunskap om växters mat- och sovklocka*.
https://www.umu.se/nyheter/mer-kunskap-om-vaxters-mat--och-sovklocka-_5834884/ [2020-03-07]
- Jägerbrand, A.K. (2018). *LED-belysningens effekter på djur och natur med rekommendationer: Fokus på nordiska förhållanden och känsliga arter och grupper*. Calluna AB.
<https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/regler/jarnvag/avslutade-foi-projekt/led-belysningens-effekter-pa-djur-och-natur-med-rekommendationer.pdf> [2022-02-22]

- Karolinska Institutet (2017). *Nobelpristagare kartade mekanismen bakom vår biologiska klocka*. <https://www.forskning.se/2017/10/02/nobelpristagare-kartlade-mekanismen-bakom-var-biologiska-klocka/#> [2022-02-14]
- Lind, M. (2021). *Ljussätt staden*. Stockholm: AB Svenska Byggtjänst
- Lundquist, A. (2022). Nationalencyklopedin, *biologisk klocka*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/biologisk-klocka> [2022-02-14]
- Mörk, V. (2022). *Stadsträdgården i Uppsala*.
<https://www.lighting.philips.se/projekt/projekt/stad-och-park/stadstradgarden-i-uppsala> [2022-02-21]
- Nationalencyklopedin (2022). *Definition av trygghet*. [Uppslagsverk].
<http://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/trygg> [2022-02-16]
- Nordling, C. (2022). Nationalencyklopedin, *ljus*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/ljus> [2022-02-04]
- Samuelsson, O., Starby, L. (2022). Nationalencyklopedin, *glödlampa*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/glödlampa> [2022-01-27]
- Spoelstra, K. (2020). Ändrat ljusspektrum kan minska de ekologiska effekterna. *Biodiverse*. 3, 5. <http://www.biodiverse.se/number/nr-3-2020-arg-25/> [2022-03-16]
- Söderström, B., Pedersen, K. (2022). Nationalencyklopedin, *cyanobakterier*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/cyanobakterier> [2022-02-07]
- Uppsala Kommun (2020). *Stadsträdgården*. <https://www.uppsala.se/kultur-och-fritid/natur-parker-och-friluftsliv/parker-lekplatser-och-hundrastgardar/parker/stadstradgarden/> [2022-02-17]
- Personlig källa:*
- Uppsala Kommun (2022). Eriksson, J, Projektledare Gata, Stadsbyggnadsförvaltningen, e-post 2022-03-09
- Bildkällor:*
- Figur 1: Lindqvist, F. (2022). *Synspektrum*. [Illustration]. Delvis baserad på: NE (2020). Ljus. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/ljus> [2022-03-14]
- Figur 2: Lantmäteriet (2022). *Uppsala, Stadsträdgården och Studenternas IP*. SWEREF 99 TM, RH 2000. Flygfoto. [Kartografiskt material].
<https://minkarta.lantmateriet.se> [2022-03-14]
- Figur 3: Lindqvist, F. (2022). *Foton kring Stadsträdgården i Uppsala*. [Fotografi].
- Figur 4: Johansson, F. & Lindqvist, F. (2022). *Armatürkarta*. [Illustration].
Bakgrundsbild: Lantmäteriet (2022). Uppsala, Stadsträdgården och Studenternas IP. SWEREF 99 TM, RH 2000. Flygfoto. [Kartografiskt material].
<https://minkarta.lantmateriet.se> [2022-03-14]. Delvis baserad på: Uppsala Kommun (2022). *Armatürkarta*. [Karta]. Uppsala Kommun, Stadsbyggnadsförvaltningen. [2022-03-15]
- Figur 5: Lindqvist, F. (2022). *Foton kring Stadsträdgården i Uppsala*. [Fotografi].
- Figur 6: Johansson, F. (2022). *Illustrationer över armaturer*. [Illustration].
- Figur 7: Lindqvist, F. (2022). *Foton kring Stadsträdgården i Uppsala*. [Fotografi].
- Figur 8: Johansson, F. (2022). *Illustrationer över armaturer*. [Illustration].

- Figur 9: Johansson, F. (2022). *Illustrationer över armaturer*. [Illustration].
- Figur 10: Lindqvist, F. (2022). *Foton kring Stadsträdgården i Uppsala*. [Fotografi].
- Figur 11: Johansson, F. (2022). *Illustrationer över armaturer*. [Illustration].
- Figur 12: Lindqvist, F. (2022). *Foton kring Stadsträdgården i Uppsala*. [Fotografi].
- Figur 13: Johansson, F. (2022). *Illustrationer över armaturer*. [Illustration].
- Figur 14: Johansson, F. & Lindqvist, F. (2022). *Armatürkarta*. [Illustration].
Bakgrundsbild: Lantmäteriet (2022). Uppsala, Stadsträdgården och Studenternas IP. SWEREF 99 TM, RH 2000. Flygfoto. [Kartografiskt material].
<https://minkarta.lantmateriet.se> [2022-03-14]. Delvis baserad på: Uppsala Kommun (2022). *Armatürkarta*. [Karta]. Uppsala Kommun, Stadsbyggnadsförvaltningen. [2022-03-15]

Tack

Vi vill tacka Uppsala kommun, för hjälp med information kring ljussättning av Stadsträdgården och Studenternas IP. Tack till vår handledare Malin Eriksson för stöd och handledning.

Publicering och arkivering

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

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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

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