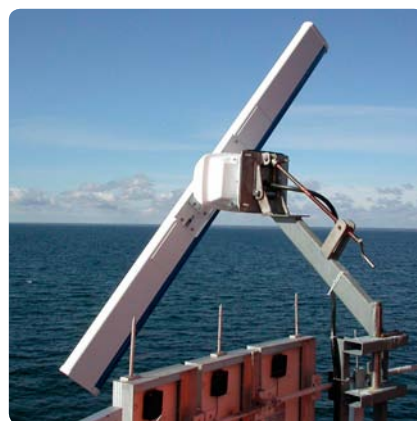


Småfåglars och sjöfåglars nattflyttning vid Utgrundens havsbaserade vindkraftpark

en studie med radar i södra Kalmarsund

JAN PETTERSSON

RAPPORT 6413 • MARS 2011



Småfåglars och sjöfåglars nattflyttning vid Utgrundens havsbaserade vindkraftpark

– en studie med radar i södra Kalmarsund

Jan Pettersson, JP Fågelvind

NATURVÅRDSVERKET

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM Gruppen AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00, fax: 08-20 29 25

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-6413-6

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2011

Tryck: CM Gruppen AB, Bromma 2011

Samtliga foton: Jan Pettersson/JP Fågelvind



Förord

Behovet av kunskap om hur vindkraft påverkar människor och landskap, marin miljö, fåglar, fladdermöss och andra däggdjur är stort. I tidigare studier av vindkraftsanläggningars miljöpåverkan har det saknats en helhetsbild av de samlade effekterna. Det har varit en brist vid planeringen av nya vindkraftsetableringar.

Kunskapsprogrammet Vindval är ett samarbetsprogram mellan Energimyndigheten och Naturvårdsverket med uppgiften att ta fram och sprida vetenskapligt baserade fakta om vindkraftens effekter på människa, natur och miljö. Vindvals mandat sträcker sig fram till 2012.

Programmet omfattar omkring 30 enskilda projekt och tre så kallade syntesarbeten. I syntesarbetena sammanställer och bedömer experter de samlade forskningsresultaten och erfarenheterna av vindkraftens effekter inom fyra olika områden - människor, fåglar och fladdermöss, marint liv och däggdjur. Resultaten från Vindvals forskningsprojekt och syntesarbeten ska ge underlag för miljökonsekvensbeskrivningar och planerings- och tillståndsprocesser i samband med etablering av vindkraftsanläggningar.

För att säkra hög kvalitet på redovisade rapporter ställer Vindval höga krav vid granskning av och beslut om forskningsansökningar, och för att godkänna rapportering och publicering av forskningsprojektens resultat.

Den här rapporten har skrivits av Jan Pettersson, JP Fågelvind. Skribenten svarar för innehållet.

Vindval i april 2011.

Innehåll

1.	BAKGRUND	9
2.	METODER OCH UTRUSTNING	11
2.1	Specifikation av den använda radarutrustningen	13
2.2	Registreringsomfång och materialets säkerhet	14
2.3	Överlagring av ekon	14
2.4	Korrigeringsradardata	15
2.5	Valet av studiedagar	16
2.6	Väderuppgifter	16
3.	RESULTAT	17
3.1	Hösten	17
3.1.1	Studiens omfång	17
3.1.2	Nätterna med fågelsträck och vindar	17
3.1.3	Sträckets förlopp under natten	18
3.1.4	Nattligt fågelsträck i dimma	21
3.1.5	Flyghöjder och olika samband	23
3.1.6	Hur passerar sjöfåglarna vindkraftverken på natten?	25
3.2	Våren	28
3.2.1	Studiens omfång	28
3.2.2	Nätterna med fågelsträck och vindar	29
3.2.3	Sträckets förlopp under natten och flyghöjder	31
3.2.4	När väjer sjöfåglarna för havsbaserade vindkraftverk?	33
3.2.5	Småfåglars nattflyttning vid vindkraftverk	36
4.	DISKUSSION	37
4.1	Fågelflyttningen på natten - allmänt	37
4.1.1	Kommentarer om radaridentifiering av fåglar	37
4.1.2	Flyttningens omfattning vid Utgrunden	38
4.1.3	Fenomen som påverkar flyttningens intensitet	39
4.1.4	Över södra Kalmarsund flyttar en hel del småfågel	40
4.1.5	Flyttningshöjden	42
4.1.6	Olika faktorer som påverkar flyghöjd	43
4.2	Diskussion kring resultaten	43
4.2.1	Dimma och rastande småfåglar till havs	43
4.2.2	Svar på frågor kring resultaten	44
4.2.3	Kollisionsrisken för sjöfåglar och småfåglar	47
4.2.4	Storleken på kollisionsrisken	49
4.2.5	Flyttningsnätter	50
5.	SLUTSATSER	51
6.	TACK	53
7.	REFERENSER	54

Sammanfattning

Småfåglars och sjöfåglars nattflygningar radarbevakades vid Utgrundens fyr i Södra Kalmarsund under totalt 23 höstnätter och 26 vårnätter åren 2006–2008. Både var och hur högt fåglarna flög studerades. Urskiljningen av ekon från småfåglar gjordes genom att klassa de som flög 20 km/h eller långsammare som småfåglar och de som flög 45 km/h och snabbare som sjöfåglar eller vadare (i rapporten kallas de sjöfåglar). Under åtta nätter vardera hösten och våren var det intensiva fågelsträck. En stor mängd data samlades in om totalt 14 172 ekon från småfåglar på hösten och 1 014 på våren samt 1 105 flockar av sjöfåglar under hösten och 294 flockar under våren. Södra Kalmarsund är känd som en sjöfågellokal med mycket starkt sträck såväl höst som vår (dagtid ca 6–8000 fåglar, ekon/h/km). Maxnoteringarna i den här studien är 1 840 ekon/h/km under höstnätter och 355 ekon/h/km under vårnätter. Dessa tal kan jämföras med noteringar vid Falsterbo, där maxnoteringarna på hösten är ca 6 600 fåglar, ekon/h/km och vid Kriegers Flak i södra Östersjön på ca 3 000 ekon/h/km. Sträcket i södra Kalmarsund är alltså relativt starkt på hösten men på våren är främst det nattliga småfågelsträcket rätt svagt och litet i omfattning över det undersökta området.

Den nattliga fågelflyttningen ute till havs sker på högre höjder än dagtid för både sjöfåglar och småfåglar. Sjöfåglar flyger under höstnätter i medeltal 156 meter över havet mot 17 meter dagtid. På våren är motsvarande siffror 106 meter på natten respektive 24 meter på dagen. Småfåglar håller på hösten i medeltal 330 meters flyghöjd på natten och 35 meter dagtid. Under vårnätterna är småfågelnas flyghöjd 529 meter och dagtid 50 meter.

Sjöfåglar flyger på så höga höjder på natten att de riskerar att kollidera med vindkraftverk som är 150 meter höga (vanligast till havs). Cirka 50–90 % av de sträckande sjöfågelnas berörs, de behöver antingen väja för eller flyga över vindkraftverken för att undvika kollision.

Den här studien visar att sjöfåglar väjer för vindkraftverken. Detta sker närmare verken under natten än dagtid. Studien kan inte påvisa att risken för kollisioner är vare sig större eller mindre än vad tidigare genomförda studier visat. Angående nattflyttning i sämre sikt så väjde sjöfågeln ytterligare något närmare vindkraftverken under natten, men inte närmare än 500 meter i medeltal (mot 570 meter i medeltal nätter utan dimma) eller så flög de över verken eftersom de i medeltal flög på högre höjd under nätter med dålig sikt. Dessa väjningsavstånd natttid skiljer sig från de avstånd som konstaterades för dagtid, nämligen 1–3 km före vindkraftverken. Endast 0,1–0,5 % av sjöfågelflockarna flög mellan vindkraftverken dagtid (avståndet mellan områdets sju verk är ca 400 meter). Under nätter utan dimma flög 5 % av flockarna mellan verken och under nätter med dimma hela 9 %, vilket kan tyda på större kollisionsrisk natttid än dagtid.

Den stora mängden småfåglar som flyttar över detta havsområde på nätterna flög i medeltal högt över verken (på 330 meters flyghöjd under höstar och 529 meters flyghöjd under vårar). De tycks flyga lite högre i dimma om

den förekommer på natten och då på i medeltal 343 meter över havet mot 330 meters flyghöjd när det inte är dimma. Flyghöjd i dimma gäller endast höstnätter och det är inte en statistiskt säker skillnad. Men för de enskilda nätterna är skillnaderna statistiskt säkerställda: under nätter med dimma flyger småfågarna ca 100 meter högre än under dimfria nätter. De allra flesta småfågarna flyger över vindkraftverken på nätterna, men spridningen för var dessa småfåglar flyger är stor. Under vårar berörs 8 % av sträcket av vindkraftverk, som är 150 meter höga och på hösten 17 %. Hur dessa berörda lågflygande individer passerar verken kan denna studie dock inte ge något svar på, då studieområdet för småfåglar mestadels var 1500 meter bort från fyren, där radarn var placerad. Småfåglar kunde dock också konstateras flyga två av tre nätter på en högre höjd över havet under nätter med dimma och därmed flög de klart ovan den ca 100 meterhöga dimman. Även observationerna för de nattflygande sjöfågarna visar på ytterligare högre flyghöjd på nätter med dimma (240 meter i medeltal) mot nätter utan dimma (156 meter i medeltal).

Studien visar att det är en del (trots allt få) småfåglar som rastar efter en flyttningsnatt. När så sker är det ofta efter en flyttningsnatt när det är dimma på morgonen, men även då är det få fåglar ute vid Utgrunden. Den stora faran för småfåglar och havsbaserade vindkraftverk är när det förekommer masslandning, vilket sker när de flyger ute till havs och möter ett oväder med regn och dis, vilket gör att de flyger lägre och letar efter ställen att landa på. Inget sådant fenomen har konstaterats vid Kalmarsund i denna studie.

En grov uträkning av de nattflyttande småfågarnas kollisionsrisk vid Utgrundens sju befintliga vindkraftverk ger resultatet - med de nya uppgifterna som underlag - att under ett år skulle 16 småfåglar kunna förolyckas och det är av de cirka en halv miljon nattflyttande småfåglar som passerar just det området. Sjöfågarnas kollisionsrisk anses inte ha förändrats av dessa uppgifter, utan det är cirka 10–15 sjöfåglar som riskerar att förolyckas per år, räknat på både de sju vindkraftverken på Utgrunden och de fem på Yttre Stengrund (Pettersson 2006).



Bild 1. Ejdrar flyger på lägre höjder under dagflyttningen på våren, i medeltal på 24 meters höjd (denna flock flyger dock på 40 meters höjd), medan nattflyttningen sker på i medeltal 109 meters höjd. För höststräcket är flyghöjden på natten i medeltal 156 meter.

Summary

The night-time flights of marine birds and small birds were tracked by radar at the Utgrundens Lighthouse in southern Kalmar Sound on a total of 23 autumn and 26 spring nights from 2006 to 2008. Both the routes and the altitudes of the birds' flights were studied. The radar echoes were classified as follows. Those that flew at no more than 20 km/h were considered small birds, while those that flew at least 45 km/h were considered marine birds or wading birds (the report calls them marine birds). For eight autumn nights and eight spring nights, there were heavy bird migrations. A great amount of data was gathered on a total of 14,172 small bird echoes in the autumn and 1,014 in the spring, as well as 1,105 flocks of marine birds in the autumn and 294 flocks in the spring. Southern Kalmar Sound is known as a location frequented by many marine birds, with heavy migrations both in the autumn and spring (daytime about 6 – 8,000 birds, echoes/h/km). The peak reading for this study was 1,840 echoes/h/km on autumn nights and 355 echoes/h/km on spring nights. These figures can be compared with readings taken at Falsterbo, where the peak readings in the autumn were about 6,600 birds, echoes/h/km, and at Kriegers Flak on the southern Baltic, about 3,000 echoes/h/km. Migration over southern Kalmar Sound is thus relatively heavy in the autumn, but in the spring, the nightly small bird migration is pretty light, and relatively minor in the area studied.

The night-time bird migration over the sea occurs at higher altitude for both marine birds and small birds. On autumn nights, marine birds fly at an average altitude of 156 metres over the sea, as compared to 17 metres during the day. In spring, the corresponding figures are 106 metres at night and 24 metres during the day, respectively. The average altitude for small birds in the autumn is 330 metres by night and 35 metres by day. On spring nights, the corresponding figures for small birds are 529 metres by night and 50 metres by day.

Marine birds fly so high at night that they risk colliding with wind turbines that are 150 metres high (usually in the water). About 50 – 90 % of the migrating marine birds are affected. They need to either veer off or fly above the wind turbines in order to avoid a collision.

This study shows that marine birds veer off from the wind turbines. This veering off occurs closer to the turbines at night than during the day. The study does not demonstrate that the risk of collisions is either greater or less than that shown in previous studies.

Regarding night flying in conditions of poorer visibility, the marine birds either veered off somewhat closer to the wind turbines at night, but not closer than an average of 500 metres (compared to an average of 570 metres on nights without fog) or flew above the turbines, with their average flight altitude being higher on nights with poor visibility.

These distances at which birds veered off at night differed from the distances found during the day (i.e. 1– 3 km before the wind turbines). Only 0.1-0.5 % of the marine birds flew between the wind turbines during the day (the distance between the area's seven turbines is about 400 metres). On nights without fog, 5 % of the flocks flew between the turbines, and this figure rose to 9 % on foggy nights, which may indicate a higher risk of collisions at night than by day.

The large number of small birds that migrate across this stretch of the sea at night flew at an average altitude that was high above the turbines (average flight altitude of 330 metres during the autumn and 529 metres during the spring). They seem to fly a little higher on foggy nights (343 metres above sea level as compared to 330 metres when there is no fog). This flight altitude in fog only applies to autumn nights, and the difference is not statistically significant. However, on certain nights, there are statistically significant differences. On foggy nights, small birds fly about 100 metres higher than on nights without fog.

The great majority of small birds fly above the wind turbines at night, but there is a great range as to where these small birds fly. In the spring, 8 % of the migrating birds are affected by wind turbines, which are 150 metres tall, and in the autumn, this figure is 17 %. However, this study cannot give any answer as to how low-flying birds pass the turbines, as the area studied for small birds was mostly 1,500 metres away from the lighthouse where the radar were located.

However, it was shown that small birds flew higher above the sea on two of three foggy nights, and thus clearly flew above the approximately 100 metre high fog. The observations of night-flying marine birds also show a higher flight altitude on nights with fog (average of 240 metres) as compared to nights without fog (average of 156 metres).

The study shows that there are some (albeit a few) small birds that rest after a night of migration. This most often happens after a night of migration followed by a foggy morning, as well as when there are few birds out around Utgrundens. The great danger involving small birds and sea-based wind turbines arises when mass landings occur. This happens when birds are flying over the water and encounter a stormy area of rain and mist, which makes them fly lower and search out places to land. No such phenomenon has been observed on Kalmar Sound in this study.

Based on new data, a rough calculation of the risk of collision encountered by small birds at the seven existing wind turbines located at Utgrundens, is that 16 small birds will be killed out of the approximately half million small birds that pass that point at night. The collision risk for marine birds is not considered to have changed as a result of these data, and remains at a total of about 10-15 marine birds being killed annually by the seven wind turbines at Utgrundens and the five at Yttre Stengrund (Pettersson 2006).

1. Bakgrund

Projekt startades med syfte att ge bättre underlag för att kunna bedöma riskerna för flyttfåglar vid uppförande av framtida havsbaserade vindkraftverk. Vid ansökan av detta projekt 2006 planerade E.ON att bygga en 24 vindkraftverk stor park vid de redan idag befintliga sju vindkraftverken. Så är planen än idag och E.ON har byggnadstillstånd, men har inte påbörjat uppförandet av vindkraftverken. Därför har inga studier kunnat genomföras på hur flyttfåglar reagerar på en stor vindpark till havs som var planerat, utan bara på den mindre, sju verk befintliga vindparken Utgrunden (se undersökningsområdet figur 1).

Det är uppgifter om fåglarnas flyghöjder nattetid till havs samt deras beteenden vid mötet med vindkraftverk som den här studien tagit fram. Dessa uppgifter är i sin tur nödvändiga för att i framtiden kunna göra säkrare beräkningar av riskerna för flyttande fåglar. Den här studien ger främst uppgifter om små- och sjöfåglars nattflyttningar och den tillför ny kunskap om fåglar som flyttar över hav. Den moderna radarteknik, som installerades och testades i en förstudie (rapportnamn och nummer in här, Pettersson 2006) kompletterades med ytterligare en radaranläggning våren 2006 för att få bättre flyghöjdsuppgifter för både små- som sjöfåglar. Radarutrustningen är placerad på fyren Utgrunden som står mitt i Kalmarsund där fågelsträcket, främst gällande sjöfåglar, är intensivast. Fördelen med platsen är också att en mindre och lättanterlig radarutrustning med en räckvidd som var tillräcklig för att bevaka sundet kunde användas (en liknande radar har tidigare använts i Danmark och vid vindkraftverksstudier se Petersen m.fl. 2006). Har man en starkare och bättre radarutrustning kan man göra samma studie, men då med radarn placerad längre bort som vid övervakningen av Lillgrund i Skåne vilken görs från en radar i Lund (Green & Nilsson 2006).

Det är i huvudsak tre viktiga frågor och mål kring havsbaserade vindkraftverk som denna studie hade till uppgift att ge svar på:

1. Vilka flyghöjder använder sjöfåglarna under sin flyttning över öppet hav och under natten samt i nedsatt sikt?
2. Hur högt flyger småfåglar ute över havet på natten och i nedsatt sikt?
3. Hur reagerar både sjöfåglar och småfåglar under nedsatta siktförhållanden när de kommer i närheten av havsbaserade vindkraftverk?

Kunskap om detta är mycket viktig att ha för att kunna beräkna risken för att fåglar ska kollidera med havsbaserade vindkraftverk. Beräkningarna bygger på vilka flyghöjder fåglarna använder och deras reaktioner vid möten med vindkraftverk. Idag finns det en del uppgifter om fåglars flyghöjder över hav som har tagits fram på andra platser i Europa just i syfte att förstå problematiken kring planer på stora parker av havsbaserade vindkraftverk. Det är främst med en stor tysk studie i södra Östersjön (IfAö 2004) som en del jämförelser kommer att göras mot Kalmarsundmaterialet, som presenteras i denna rapport.

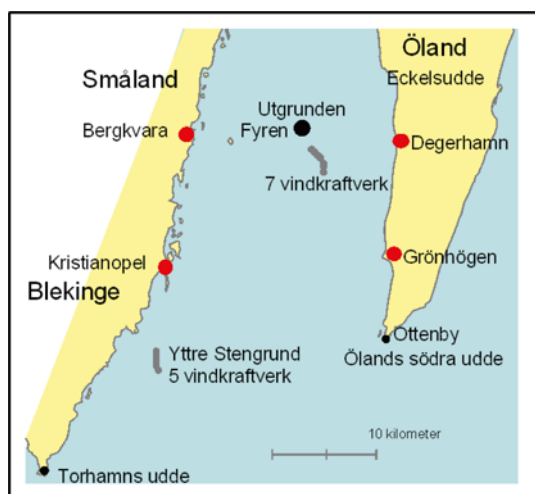
Det förekommer ett stort sträck av småfågel under höstarna som tvärs över sundet i höjd med Utgrunden, visar sjöfågelstudierna 1999–2003

(Pettersson 2005), som var en förstudie till denna studie. Radartekniken som användes i den studien (Pettersson 2005) var en militär översiktsradar och den skulle knappast, i någon större omfattning, kunnat registrera småfåglar. Men den användes trots allt till det när det var som intensivast sträck. Under flera höstnätter 1999–2003 noterades ett mycket kraftigt nattsträck av småfåglar (Pettersson 2005). Dagtid förekommer ett relativt intensivt småfågelsträck över sundet (observationer i denna studie), främst under höstarna. Detta har även noterats av observatörerna under sjöfågelstudien 1999–2003, utan att de kunde eller hann med att registrera sträcket.

Därför talar mycket för att södra Kalmarsund utgör en lämplig plats för att studera småfågelflyttning runt havsbaserade vindkraftverk. Förstudien sommaren och hösten 2005 pekar dock på att det i området under vissa dagar och nätter förekommer ett intensivt småfågelsträck och att uppskattningsvis upp mot en halv miljon småfåglar passerade det väl övervakade området som är ca 10 kilometer brett (Pettersson 2006).

Materialinsamlingen i denna studie är mycket omfattande även om den totalt inte omsluter så många studiedagar, men de har valts med precision för att kunna registrera sträckande fåglar när sträcket är som intensivast. Dessutom har jag försökt att pricka in nätter med dimma och fågelsträck, vilket anses vara förhållanden som kan öka risken för att fåglar ska kollidera med vindkraftverken till havs. I rapporten behandlas bara nattflyttningen då radaranläggningen avslöjar vad som sker på natten och det är där den största osäkerheten i våra kunskaper föreligger. Det dagsträckande materialet är givetvis också omfattande men har inte sammanställts till denna slutrapport.

Ytterligare en frågeställning har täckts in med denna studie med radar och det är problematiken kring flyttande fladdermöss och havsbaserade vindkraftverk. Det visade sig vid förstudien till denna fågelstudie (Pettersson 2006) att det går att ställa in radarn så att även de större fladdermössen registreras. Resultaten gällande fladdermöss har sammanställts i en annan Vindvalsrapport (se Ahlén m fl. 2006).



Figur 1. Undersökningsområdet i södra Kalmarsund med Utgrunden där radarna är placerade på fyren.

2. Metoder och utrustning

En marin radar med en horisontell antenn sattes upp på fyren Utgrunden under förstudien (Pettersson 2006). I denna studies inledning utrustades Utgrundens fyr (våren 2006) med ytterligare en radar där antennen vinklades vertikalt 90 grader så att flyghöjdsregistreringar skulle kunna genomföras.



Bild 2 och 3. De två Furuno radarerna med antenner (bild 2) där den vänstra kan tippas till 90 graders lutning så att flyghöjder kan erhållas (på skärmen mitt i bild tre). Inne i fyren kan alla dessa data ses. På skärmen längst till höger videofilmas alla händelser. På datorn (den mindre skärmen) lagras alla följningar som görs via målsökning och flyghastigheten kan dokumenteras.

Radarregistrering har följande fördelar jämfört med visuella observationer av fågelförflyttningar i studien om vindkraft och fåglar:

- Under natten kan fåglar registreras, många arter flyttar under natten (det finns sannolikt en ökad kollisionsrisk med vindkraftverk under natten och kanske främst när det då är dimma).
- Ett relativt stort område kan kvantitativt registreras.
- Mätningresultaten är konkreta (flyghöjd, riktning, distans).
- Registreringen kan pågå på ett kontinuerligt sätt utan några ”trötthetsfenomen”.

De viktigaste begränsningarna vid tolkningen av data som registrerats av en radar är följande:

- Det går inte att avgöra vilken fågelart som orsakat signalerna.
- Antal fåglar kan inte avgöras. En stor signal kan orsakas av en enskild stor fågel eller av flera mindre fåglar.
- När fåglar flyger mycket lågt kan fågelekon överlagras av reflektioner från vågor och de kan inte skiljas åt. Det är svårt att exakt bestämma i vilket höjdområde denna effekt förekommer.
- En fågels radartvärsnitt (och därmed registrerings sannolikhet) påverkas väsentligt av vinkeln med vilken radarstrålarna träffar fågeln. Den är störst vid träff från sidan (och underifrån) och minst vid träff fram- och bakifrån.
- Rik förekomst av flygande insekter, förekomst av regn och snö orsakar starka stör- ekon som överlagrar fågelekon.
- En fågels registrerings sannolikhet påverkas av avståndet till radarn. Därför är det nödvändigt att genomföra distanskorrektioner för att nå kvantitativa mått.

Oavsett dessa begränsningar är det möjligt att göra kvantitativa påståenden om man använder sig av korrektionsfaktorer för att ta hänsyn till att registrerings sannolikheten minskar med ökande avstånd. För några begränsningar finns det dock inga konkreta korrektionsfaktorer (antalet fåglar per eko är okänt, en del av de lägre flygande fåglarna registreras inte) och värdena som anges kan anses som en underskattning, dvs. värdena som anges för flyttningens intensiteten är minimivärden. För den fackmässiga bedömningen av data är det mycket viktigt att påpeka att radarn inte kan användas vid dåliga väderförhållanden (stark vind och regn men fungerar bra i dimma och dis). Vid både regn och hårda vindar är sträckintensiteten mycket låg. Det är vad visuella observationer dagtid påvisat i Kalmarsund.

I den här studien har både en horisontell radar med inställning för att se småfåglar kunnat användas parallellt med en vertikal radar som registrerar flyghöjderna. Fördelen med detta är att många ekon, närmare än 1500 meter från fyren, har kunnat dokumenteras parallellt till vilken hastighet fåglarna haft (omkring 20 km/h = småfåglar och mer än 45 km/h sjöfåglar) (Bruderer 1971 och Alerstam 1990). Detta gör att de nattliga registreringarna är något bättre än helt artobestämda. Allt detta arbete har delvis kunnat genomföras i efterhand då nästan alla nattliga studier videofilmats.

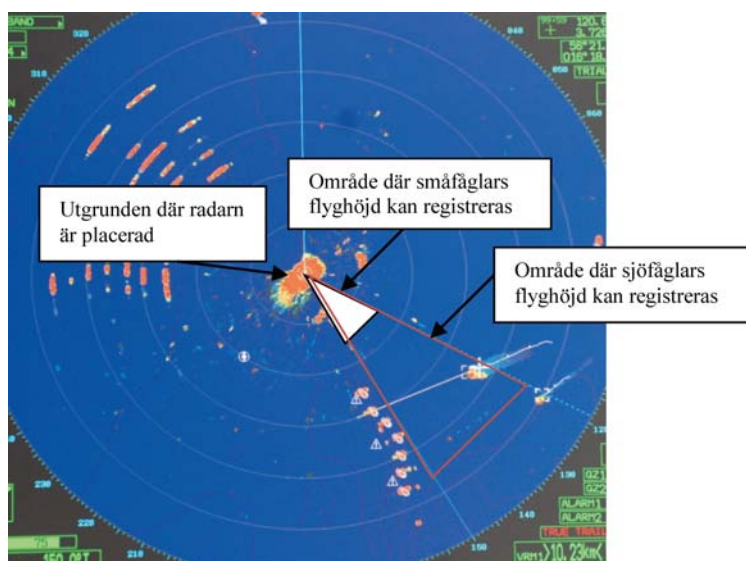


Bild 4. Området 1500 meter ut från radarn där småfåglars flyghöjd med någon säkerhet går att registrera. Ut till 4500 kan sjöfåglarflockars flyghöjd registreras.

Sammanfattningsvis kan bedömningen göras att när fartygsradar används på ett bra sätt för att registrera fågelförflyttningar uppnås vetenskapligt vedertagna data, vilka annars är omöjliga att tillgå (i synnerhet under nattobservationer). Den största bristen i datainsamlingen med radar på natten är dock att gruppstorleken eller flockstorleken som ett eko utgörs av inte går att direkt utläsa. Synobservationer kompletterar registreringen med radar men det är ju bara möjligt dagtid. Under natten är det dock möjligt att höra lockljud som kan avslöja vilka arter det rör sig om eller att räkna fåglar som ses passera genom månljuset.

2.1 Specifikation av den använda radarutrustningen

För undersökningen användes vertikalt och horisontellt drivna fartygsradar av märket Furuno för att mäta flyghöjd och flygintensitet. Specifikationer och inställningar framgår av Tab. 1.

Filterinställningarna anpassades vid varje tillfälle för att i möjligaste mån nå en god synlighet av fågelsignaler. Inget filter för att undertrycka signaler användes. Signalförstärkningen (Gain) minskades tills störekona i bakgrunden inte längre registrerades (inställning under perioden ca 65 %). Dessa inställningar hittades genom att prova sig fram under hela mätperioden. Den vertikala radarn ställdes in för att täcka ett område sydöst om fyren. Upp till en höjd av 1200–1400 meter registreras ekona och det är i det närmaste ett ”rektangulärt” registreringsfält ut till 1500 meter från fyren där småfåglar och andra fåglar registrerades (se bild 5).

Tabell 1. Specifikationer och inställningar för radarutrustningen av märket Furuno 25 kW (2127B) och det är samma grundinställningar på båda utrustningarna medan den vertikala registrerar och används bara på östra sidan av fyren då känsligheten där ställdes till den högsta.

Frekvens (MHz) 9410±30
Våglängd (cm) 3
Sändningseffekt (kW) 25
Antennlängd (m) 2
Radarstrålens horisontala öppningsvinkel (°) 0,95
Radarstrålens vertikala öppningsvinkel (°) 20
Använd, range' (km) 1,5 och upp till 12 (horisontella)
Pulslängd (µs) 0,15
Puls repetition frequency (PRF; Hz) 1 500
Antennens rotationshastighet (rpm) 24
Efterlystid (sek) 30
Auto-Tune (mottagarens finavstämning) ON
Fyrens och radars (2 st.) position 56°22'379 nordlig bredd, 16°15'429 östlig längd.

De båda radarutrustningarna monterades på fyren Utgrunden på en höjd av 16 meter ovan vattenytan. I denna undersökning användes uteslutande vertikalt driven radar för att registrera höjdfördelningen samt flyttningsintensiteten. Den horisontella radarn i den här sammanställningen har använts för att se hastigheten på ekona (genom målföljning kortare sträckor) och därmed kunna avgöra om det är småfåglar eller sjöfåglar. Men vid studien av hur fåglarna flyger vid vindkraftverken har bara resultat från den horisontella radarn använts. Den horisontella radarn har trots sin höjd ovan vattnet stor störning av vågrörelserna vid kraftigare vindar. Det är svårt att se nära och lågt flygande flockar då vågstöringen är stor. För mätning av just flyttningsintensitet har den horisontella radarn brister då de närmast flygande flockarna blir överrepresenterade. Här har den bara använts för att se ekonas hastighet samt hur en del flockar (sjöfåglar) flyger vid vindkraftverken.

2.2 Registreringsomfång och materialets säkerhet

Den dominerande flyttningsriktningen för fåglarna i södra Kalmarsund är norrut på våren samt söder ut på hösten (se Pettersson 2005). Detta gör att synbarheten från denna radar på fåglarna kommer från sidan (både för hösten och för våren), vilket gör att registreringen blir bättre här än på andra platser. Radarvågorna träffar oftast fåglarna från sidan eller underifrån vilket ger en mycket god möjlighet att följa och observera. Om fågeln däremot flyger direkt mot radarn, orsakar den en lång målträff, eftersom distansen till radarn förändras, och det är svårare för radarn att ge bra data om hastighet och kurs. Det är känt att fåglar som korsar radarstrålen vertikalt avbildas på radarskärmen som punktekon eftersom distansen till radarn förändras i ojämn takt. När radarn används som målsökningsradar blir just sådana ekon svåra att följa (IfAö 2004). När fågelns eller fåglarnas front- respektive baksida visas mot radarn leder detta dessutom vid större avstånd till sämre observationsmöjligheter, radarvågorna träffar inte lika bra detta föremål. Fågelflyttning i ett sund där huvudmassan av fåglarna flyger relativt parallellt med landskapets kuster är alltså ett mycket bra radarstudieområde (man kan göra många långa flygföljningar, se Pettersson 2005).

2.3 Överlagring av ekon

De viktigaste begränsande faktorerna är radarns sändningseffekt, radarstrålens våglängd, reflektionstvärsnitt (enskild fågel/flock; fågelns/fåglarnas storlek) samt avståndet till målet. En högeffektiv utrustning kan urskilja fåglar över en längre distans än en radar med ett mindre kW-värde förutsatt att våglängderna är desamma. Våglängden på de radarutrustningar som användes var 3 cm (x-band-radar), vilket möjliggjorde registrering även av småfåglar inom radarns räckvidd. Även om man kan nå längre med en grövre upplösning (t.ex. våglängd 15–30 cm vilket även denna utrustning kan ändras till) och på detta sätt kan täcka ett större område kan man dock inte registrera småfåglar. Å ena sidan ökar radarstrålens volym (vid en nominal öppningsvinkel på $1,3^\circ \times 24^\circ$) ju större avståndet blir, å andra sidan minskar strålarnas energitäthet med faktorn $4TTR^2$ ($R = \text{distans}$; 4th power law – radarekvation se Eastwood 1967) efter att de sänts och reflekterats av fågeln. Om man även inkluderar den minskade registreringen i närområdet (den minsta distans beror på tiden som antennen behöver för att koppla om mellan att sända och att motta; effektminskning som självskydd vid stark reflektion) leder detta till ekonas typiska klockformade fördelning. Till en början ökar registrerings sannolikheten tills den når registreringsoptimum och sedan minskar den igen med ökat avstånd. För att kunna uttala sig om kvantitet måste observerbarheten, som är beroende av distansen korrigeras. För beräkningen av distanskorrektionen används programmet Distance, som bl.a. begränsar användningsområdet av data för flyghöjdsuppgifter längre bort än 1500 meter (Buckland m.fl. 2001).

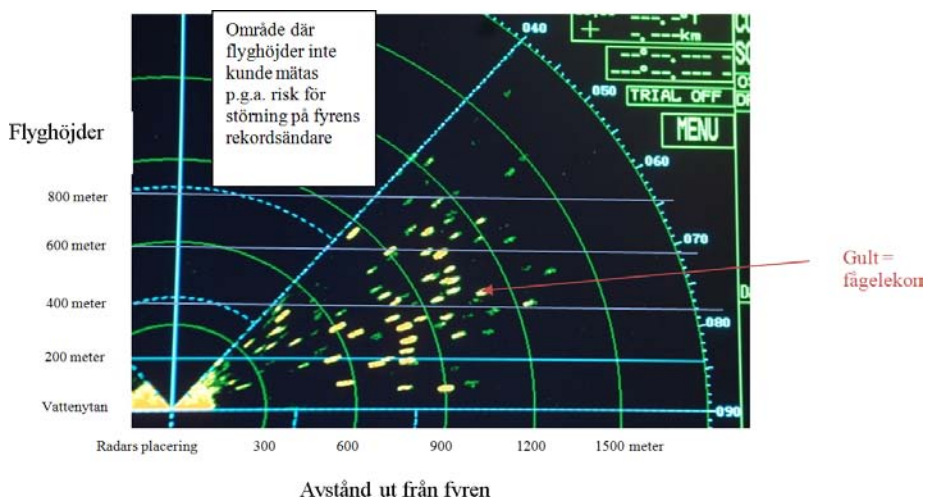


Bild 5. Flyghöjds­mätning med 37 fågelekon på skärmen hösten 2007 den 4 september kl 21:25 och det är den första av bilderna denna minut.

2.4 Korrigering av radardata

För att kunna göra en kvantitativ analys av flytt­ningsintensiteten och flyghöjden korri­gerades dessa data. Syftet med detta var att jämna ut distansrelaterade variationer i registreringssannolikheten hos radarutrustningen samt att uppnå en jämförbar enhet (ekon/h/km). När det gäller distanskorrektionen så utfördes en direkt distansrelaterad viktning av ekon så att ekon­as antal, t.ex. de mellan 1200–1500 meter bort, inte är kompletta till antalet, medan de i den yttre sektorn räknades upp till det jämförbara antalet, som förekom i 300 meterszonen innanför (se bild 5).

Däremot användes här en manuell kontrollräkning som genomsnittlig kontroll. För att beräkna intensiteten (ekon per minut) användes bara data från de manuella räkningarna (framräknade i efterhand) som utfördes var tionde minut (varje räkning omfattade två minuter) direkt vid skärmen. (En sådan räkning förordas att användas som en kontroll vid användandet av dataprogrammet Distance.)

Vid intensitetsberäkningen har alla fågelekon tagits med, även för de fåglar som flög med hastigheter mellan 20 km/h och 45 km/h. Hälften av fåglarna som flög med lägst hastighet klassades som småfåglar och de med hög hastighet som sjöfåglar.

Videoupptagningarna och filmning av skärmen gjordes kontinuerligt. Dessa visar en medelvärdesbild för varje halv minut. Kvardörjningen av ekon på skärmen sedan senaste visningen beräknas till 50 % och detta togs hänsyn till, innan den slutliga noteringen gjordes. Se vidare IfAö 2004, där redovisas mer i detalj hur man använder metoden och hur man använder dataprogrammet Distance.

Det område som inte täcktes av radarn på grund störning av Rekordsändaren på Utgrundens fyr togs bort (se bild 4) eftersom störningen suddar ut en del ekon. Under de senare delarna av nätterna då radarskärmarna bara filmats

(nätterna med dimma bevakades dock skärmarna manuellt hela nätterna) och inga kontrollräkningar utfördes användes samma beräkningsgrunder som när kontrollerna gjordes. Vid utvärderingen togs bara hänsyn till sådana anteckningar närmast före den mer obevakade filmningen.

För den slutgiltiga beräkningen av flyttningsintensiteten i form av ”ekon per timme och kilometer” sattes beräknade data i relation till den definierade ytan (höjd och sidled). Det var ju bara en sträcka på 1500 meter ut i sundet som bevakades och med begränsningar i höjddled för småfåglarna.

Efter omställning av vissa radarinställningar kunde sjöfågelflockars flyghöjder erhållas ut till 4500 meter. En sådan omställning av radarinställningen gjordes regelbundet under korta tidsperioder. Småfågelföljningar höjdmässigt prioriterades i hela studien.

2.5 Valet av studiedagar

Det var svårt att pricka in bra sträcknätter och att försöka erhålla förhållanden med kombinationen fågelflyttning under natt och i dimma. Därför är antalet nätter som använts i studien begränsat.

Praktiska förhållanden kring och på fyren gjorde att det var svårt att täcka upp längre perioder. Jag valde därför att göra korta och intensiva studier vid flera tillfällen istället för att göra längre serier. En dieselgenerator gav ström till radarn och mängden drivmedel begränsade studien till kortare perioder. Perioderna har valts efter väderförhållanden och perioder med dimma och dis samt de tider då fågelsträcket är intensivast.

2.6 Väderuppgifter

Alla väderuppgifter, främst vindar, bedömdes på fyren Utgrunden var tredje timme eller oftare vid väderomslag. Förnattens vindriktningar och vindstyrka noterades oftare (varje timme när det var möjligt).

På toppen av Utgrundens fyr finns en 90 m hög vindmätningmast. Mastens avståndsmarkeringar användes för att bedöma hur högt upp dimman sträckte sig på natten.

3. Resultat

3.1 Hösten

3.1.1 Studiens omfång

Studien genomfördes under åtta nätter med bra sträck (se tabell 2) varav tre med dimma (i alla fall delar av nätterna) och det anser jag är ett tillräckligt stort material att göra bedömningar utifrån. Hur vanlig kombinationen dimma och fågelsträck är har tidigare diskuterats (Pettersson 2005) och måste bedömas som förekommande, men trots allt rätt ovanligt.

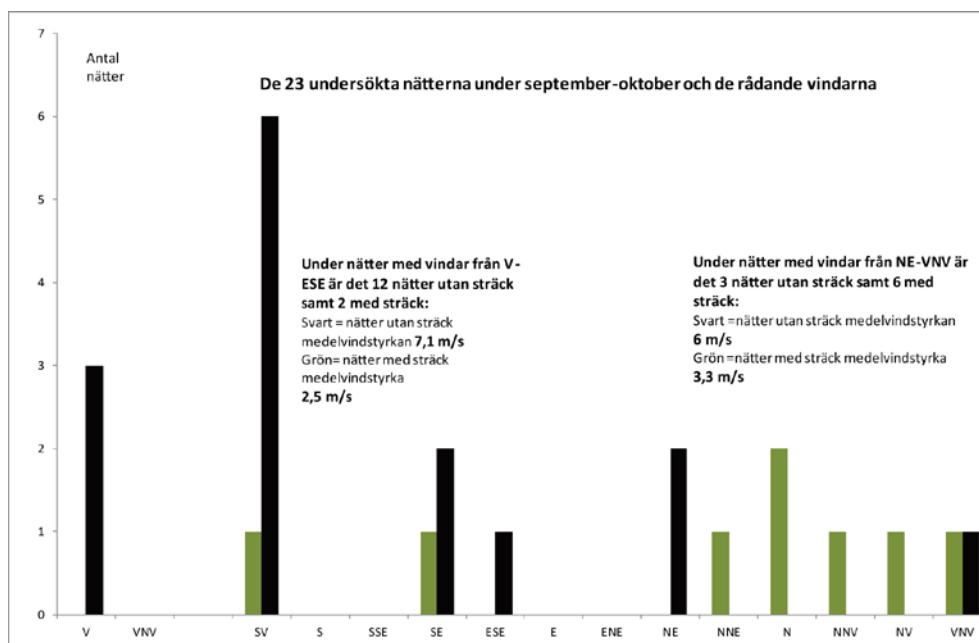
Tabell 2. Redovisning av de totalt 23 studienätterna, som genomfördes under åren 2006–2008 vid Utgrunden, väderbetingelserna samt antalet rastande småfåglar på fyren under morgnarna efter.

De nätter studier gjorts från Utgrundens fyr i södra Kalmarsund för att bevaka nattsträcket. Väderuppgifter samt antalet rastande småfågel på fyren efter nattens sträck från att det ljusnat och tre timmar framåt.						
År	Datum	Småfågel nattsträck	Vindar m/s	Sikten	Rastare	Totalt antalet
2006	9-10.9	Bra sträck	NV 5	God	Lövsångare 2	2
2006	13-14.9	Bra sträck	SE 3	God	Sädesärta 3+4+10	17
2006	18-19.9	Bra sträck	NNV 2	Dimma	Sädesärta 1, rödhake 4, järnsparv 1 o lövsångare 1	7
2006	19-20.10	Inget sträck	ESE 7	Regn	Inga rastare	0
2006	29-30.10	Inget sträck	NE 4	Regn	Inga rastare	0
2006	1-2.11	Inget sträck	N 18	God	Inga rastare	0
2006	2-3.11	Inget sträck	N 14	God	Rödvingetrast 2 och sånglärka 1	3
2007	4-5.9	Bra sträck	N 5	God	Sädesärta 2, lövsångare o svartvit flugsnappare	4
2007	11.12.9	Bra sträck	NNE 2	Regn	Sädesärta 1	1
2007	12-13.9	Inget sträck	SV 7	God	Inga rastare	0
2007	13-14.9	Inget sträck	V 6	God	Inga rastare	0
2007	14-15.9	Inget sträck	SV 8	God	Inga rastare	0
2007	15-16.9	Inget sträck	SV 10	God	Inga rastare	0
2007	26-27.9	Bra sträck	SV 2	Dimma	Sädesärta 12, rödhake 5, lövsångare 1 o gärdsmyg 1	19
2007	3-4.10	Bra sträck	N 1	Dimma	Sädesärta 11, rödhake 2 och kungsfågel 1	14
2007	11-12.10	Inget sträck	SV 6	Regn	Inga rastare	0
2007	12-13.10	Inget sträck	V 6	Regnskurar	Inga rastare	0
2007	22-23.10	Inget sträck	NE 4	God	Inga rastare	0
2007	31.10 -1.11	Inget sträck	VNV 10	Regn	Inga rastare	0
2007	1-2.11	Inget sträck	NE 18	God	Inga rastare	0
2007	2-3.11	Inget sträck	N 10	God	Inga rastare	0
2007	3-4.11	Inget sträck	NV 12	God	Inga rastare	0
2007	4-5.11	Inget sträck	N 9	God	Rödvingetrast 1	1
2008	15-16.9	Inget sträck	SE 8	God	Sädesärta 2	2
2008	16-17.9	Inget sträck	SE 10	God	Inga rastare	0
2008	15-16.10	Inget sträck	SV 6	Regnskurar	Inga rastare	0
2008	16-17.10	Inget sträck	V 6	Regnskurar	Inga rastare	0
2008	17-18.10	Bra sträck	VNV 5	God	Rödhake 4, kungsfågel 2, gärdsmyg 2 o taltrast 1	9

Under höstarna förekommer sjöfågelsträck under natten men i betydligt mindre omfattning än förekomsten av småfågelsträck. Det är sannolikt att det är ungefär samma nätter som det förekom både sjöfågel- och småfågelsträck.

3.1.2 Nätterna med fågelsträck och vindar

Det är känt att det är medvindar som lockar till fågelflyttning såväl höst som vår och under hösten är det vindar från den nordliga sektorn. I figur 2 presenteras de undersökta nätterna och deras vindförhållanden och det har alltså förekommit sträck under vindar från sektorn V-ESE (motvind) i medeltal med styrkan 2,5 m/s. De övriga dagarna utan sträck har det blåst 7,1 m/s. Att nattliga fågelsträck föredrar nätter med svag vind indikerar nätter med vindar från sektorn NE-VNV (medvind). Under de sex sträcknätterna noterades 3,3 m/s i medelvind. De tre dagarna då inget sträck skedde blåste det 6 m/s.



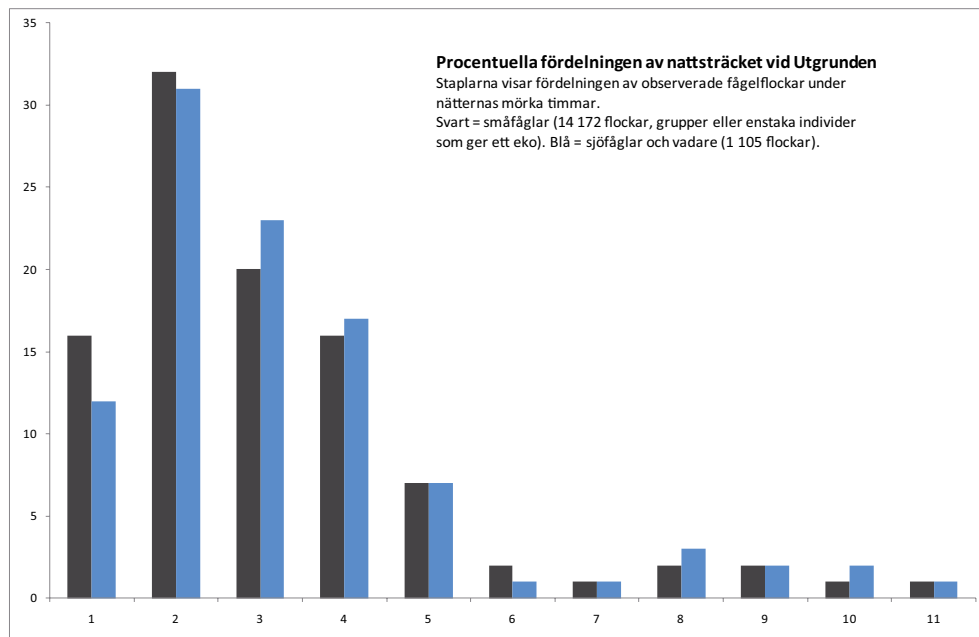
Figur 2. Höststräcket av fåglar nattetid sker mestadels i medvind och i svaga vindar.

Att skilja på ekon härrörande från småfåglar och sjöfåglar gjordes genom att den horisontella radarn användes som målsökningsradar på en del ekon. Om hastigheten var omkring 20 km/h eller lägre har de klassats som småfåglar och för hastigheter på omkring 45 km/h och mer som sjöfåglar eller vadare, vilka beskrivs i rapporten som sjöfåglar. För olika fåglars flyghastigheter se Alerstam 1990.

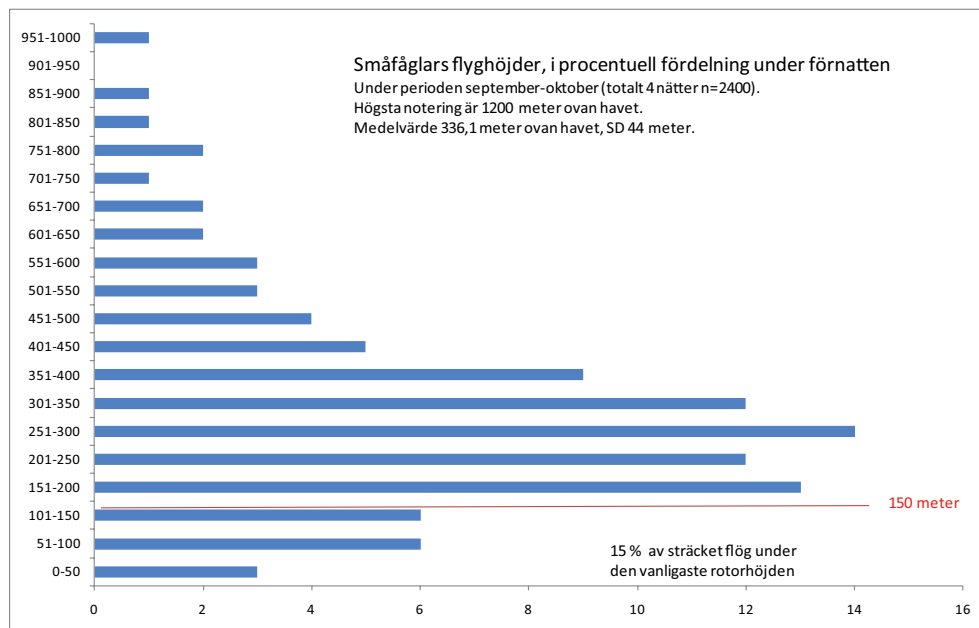
3.1.3 Sträckets förlopp under natten

Båda dessa grupper av fåglar uppvisade en likartad utveckling under nattens gång, från en kraftig topp i början av natten för att nästan helt ha avtagit till timme sex efter mörkrets inträdande, alltså en timme efter midnatt. Studierna visar att särskilt sjöfåglarna sträckte lite mer igen närmare gryningen men även en del av småfåglarna (se figur 3). Det stora materialet som finns i denna studie av nattsträcket och som är det som ger ny kunskap är flyghöjderna som noterats under höstnätter för total drygt 14 000 småfågelekon samt drygt 1100 ekon av flockar av sjöfåglar. För att visa hur flyghöjderna fördelat sig har de delats upp i förnatten och efternatten med midnatt som delare.

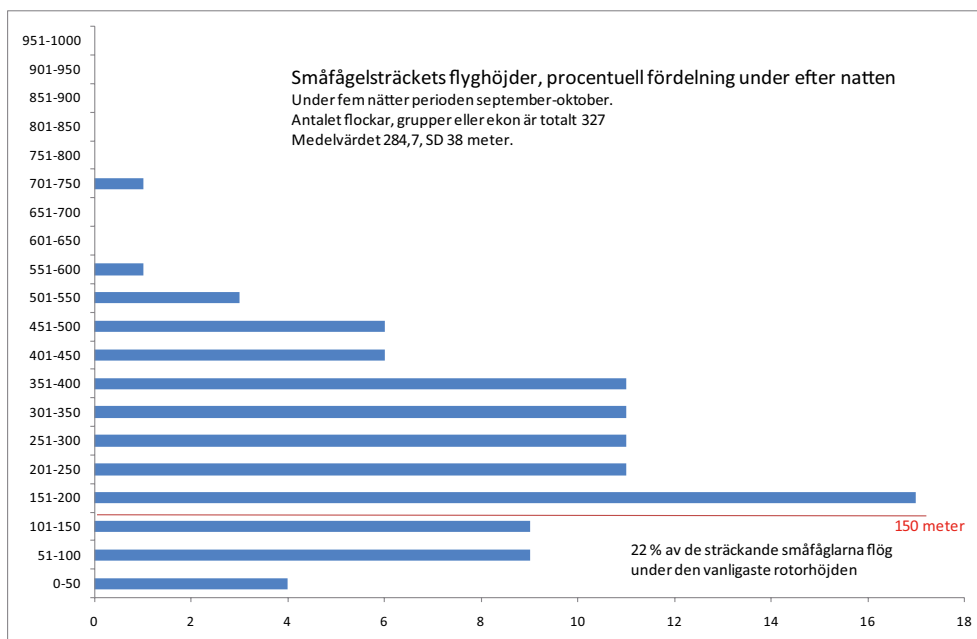
Figurerna 4 och 5 visar småfåglarnas procentuella fördelning på de olika flyghöjderna. Här kan man se att de i medeltal flyger 50 meter högre på förnatten än på efternatten. Det är förvånande att så pass många som 15 respektive 22 % av småfågelekon kommer från lägre höjder än 150 meter, vilket är en idag normal rotorhöjd. Det är alltså en del småfåglar som kan påverkas av vindkraftverk till havs under flygningen då de flyger i rotorhöjd. Sjöfåglarna (se figur 6 och 7) flyger hela 80 meter högre i medeltal under förnatten mot efternatten, men merparten (50 % eller mer) flyger i rotorhöjder under hela natten.



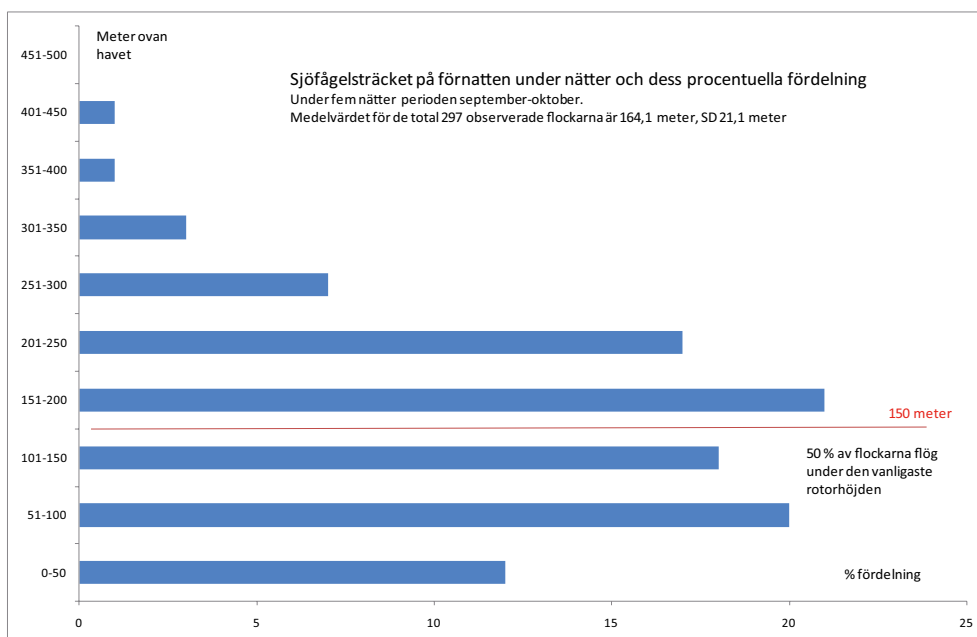
Figur 3. Procentuella fördelningen av flyttande små- och sjöfåglar under natten, där timme ett är första timmen i mörker och 4–5:e timmen är midnatt samt att det fortfarande är mörkt timme 10–11.



Figur 4. Procentuell fördelning av de flyttande småfågelnas flyghöjder under natten, endast förnattens sträck (före midnatt).



Figur 5. Procentuell fördelning av de flyttande småfågarnas flyghöjder under natten, endast efter nattens sträck (efter midnatt).



Figur 6. Procentuell fördelning av de flyttande sjöfågarnas flyghöjder under natten, endast förnattens sträck (före midnatt).

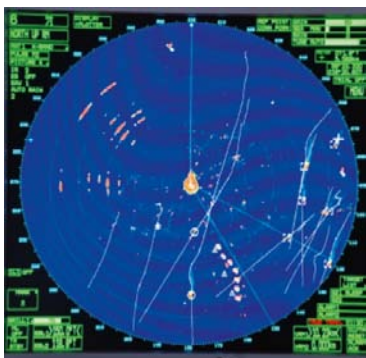
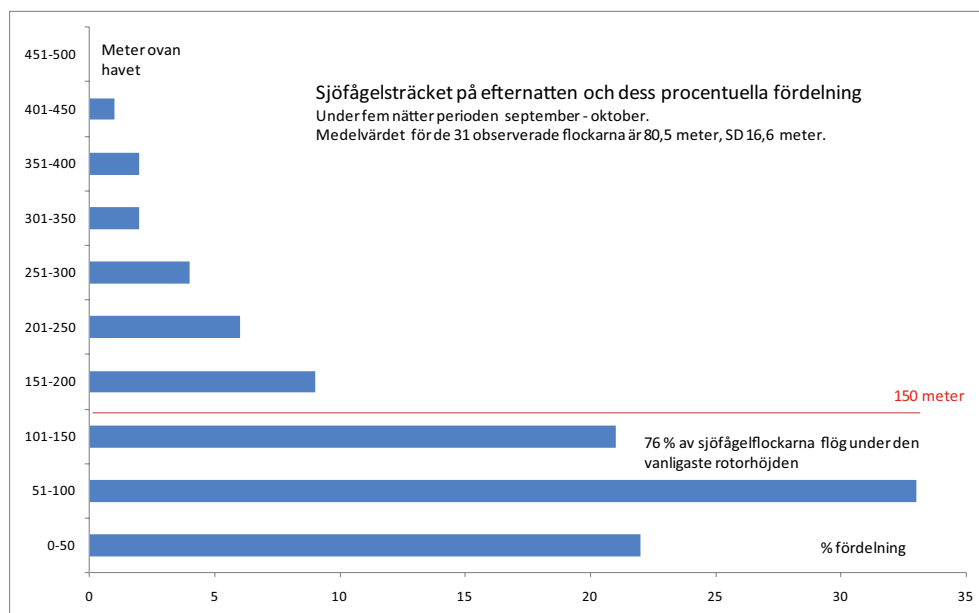


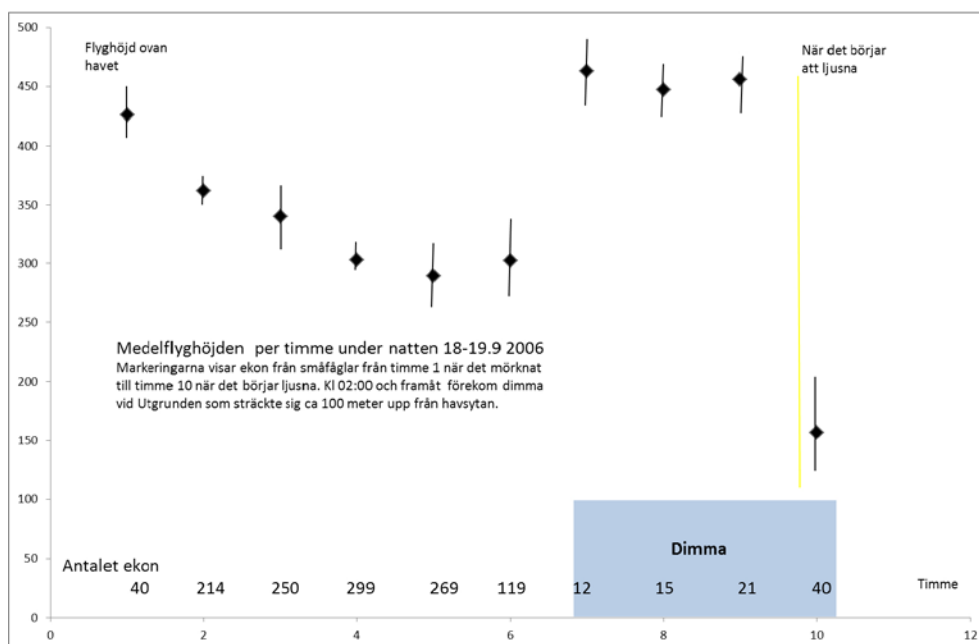
Bild 5. Sjöfågelföljningar från Utgrundens med den horisontella radarn, 4 oktober 2007 kl 01.17. De vita strecken är följningar av sjöfågelflockar med hjälp av målsökning och (Arpa) följning. Täckningen omfattar 6 kilometer ut från fyren.



Figur 7. Procentuell fördelning av de flyttande sjöfåglarna under natten, endast efternattens sträckhöjdsfördelning (efter midnatt).

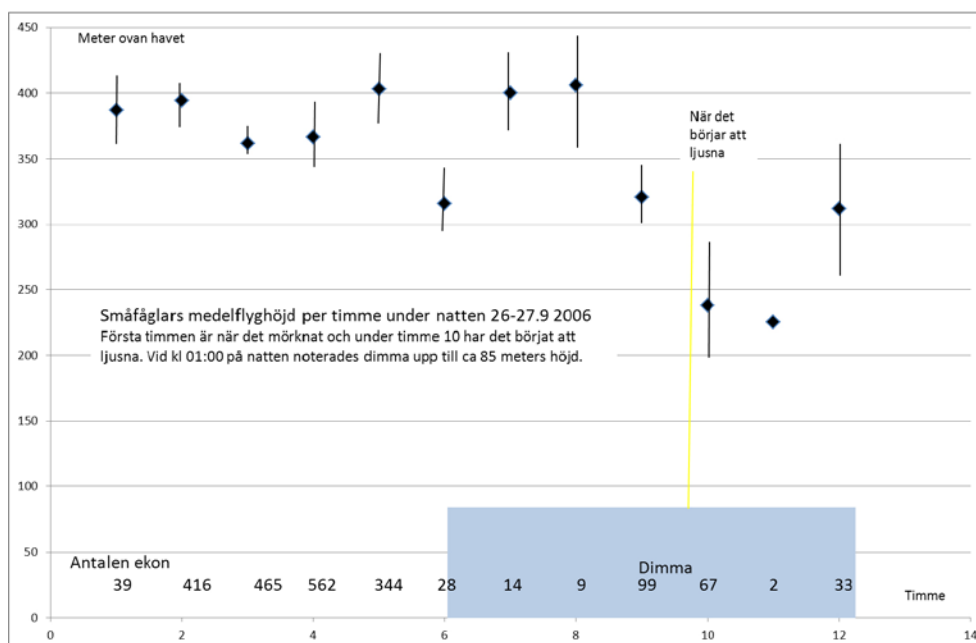
3.1.4 Natligt fågelsträck i dimma

Under dessa höststudier lyckades jag pricka in tre nätter då dimma förekom samtidigt som fåglar flyttade. Det var dock bara under efternatten det var dimma. Det är osannolikt att fåglarna skulle starta att sträcka i området om det var dimma. Kombinationen dimma under förnatten och mängder med sträckande fåglar är högst ovanlig. För de tre studerade dimnätterna redovisas timme för timme hur sträcket sett ut samt vilka flyghöjder de haft, se figurerna 8, 9 och 10.



Figur 8. Småfågelsträckets medelflyghöjder timme för timme under natten 18–19 september, 2006 då en dimma upp till höjden 100 meter ovan havsytan börjar förekomma vid kl. 02:00 ute vid fyren. Variationen från medelvärdet är angivet med strecket genom medelvärdet. På morgonen rastar sju småfåglar, men under första timmen, när det börjat ljusna, hörs sädesärlor flyga omkring utan att landa.

Observationerna under natten 18–19 september 2006 visade att när dimman började uppträda tog småfågelsträcket en högre medelhöjd från ca 300 meters höjd till 450 meters höjd, trots att dimman bedömdes sträcka sig till bara ca 100 meter ovan havsytan. Dimman lättar relativt snabbt när det börjar ljusna. Natten 26–27 september 2006 kom dimman redan kl. 01:00 vid Utgrundens. Sträcket under dimman visade ingen förhöjd flyghöjd, men när det började ljusna blev flyghöjden markant lägre. En del av nattsträcket bör ha varit sädesärlor av observationerna på morgonen att döma. Natten 3–4 oktober 2007 kom dimma ute vid fyren kl. 00:30. Då steg småfågelsträcket till en högre medelhöjd jämfört med tidigare under natten. Under morgonen låg dimman kvar och ett retursträck av mest sädesärlor mot NV observerades, varav endast ett fåtal rastade på fyren.

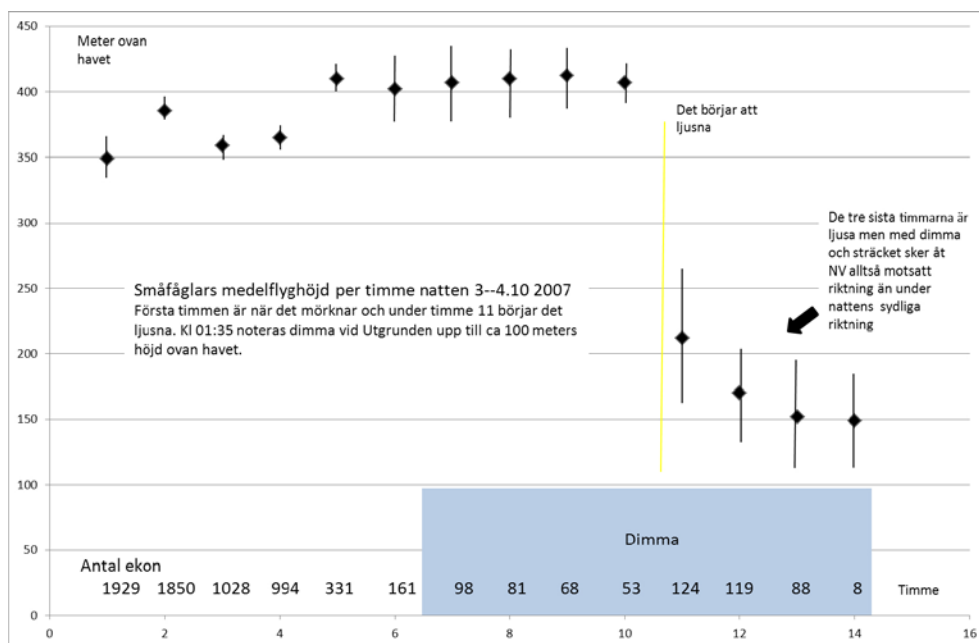


Figur 9. Småfågelsträckets medelflyghöjder timme för timme under natten 26–27 september, 2006 då en dimma med höjden upp till 80 meter ovan havet började förekomma kl. 01:00 vid Utgrundens fyr. På morgonen rastade 19 småfåglar varav 12 var sädesårlor. Kl. 07:00 den 27 september då dimman började lätta flög sädesårleflockor på 5–10 individer åt olika håll över havet.

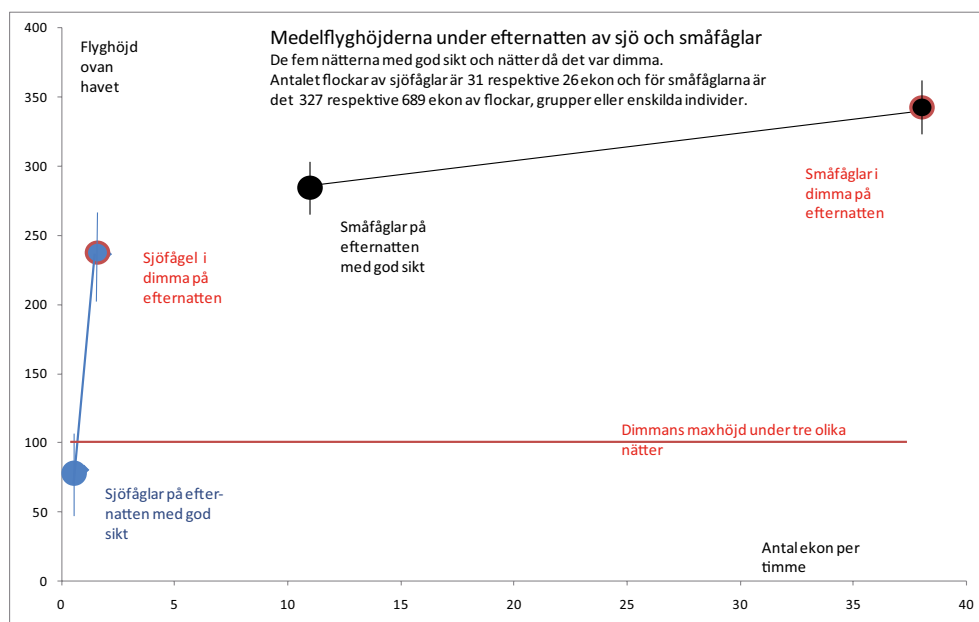
3.1.5 Flyghöjder och olika samband

Höstnätter flyger småfågeln på 330 meters flyghöjd mot 35 meter under dagtid (data är insamlad för dagsträck i den här studien=412, SD 19 meter men redovisas inte i denna rapport). Skillnaden att de flyger högre på natten än på dagen är statistiskt säkerställd (x2-test).

Att nattflyttning mest sker i medvindar och relativt svaga vindar har konstaterats men med flyghöjder uppvisar materialet för små- och sjöfåglar under hösten sambandet att i dimma flyger de i medeltal högre än under natt med god sikt (se figur 11). Men materialet kan bara visa detta under efternatten, eftersom ingen natt med dimma på förnatten har noterats. Visserligen omfattar materialet en sådan natt men då fanns inget sträck.

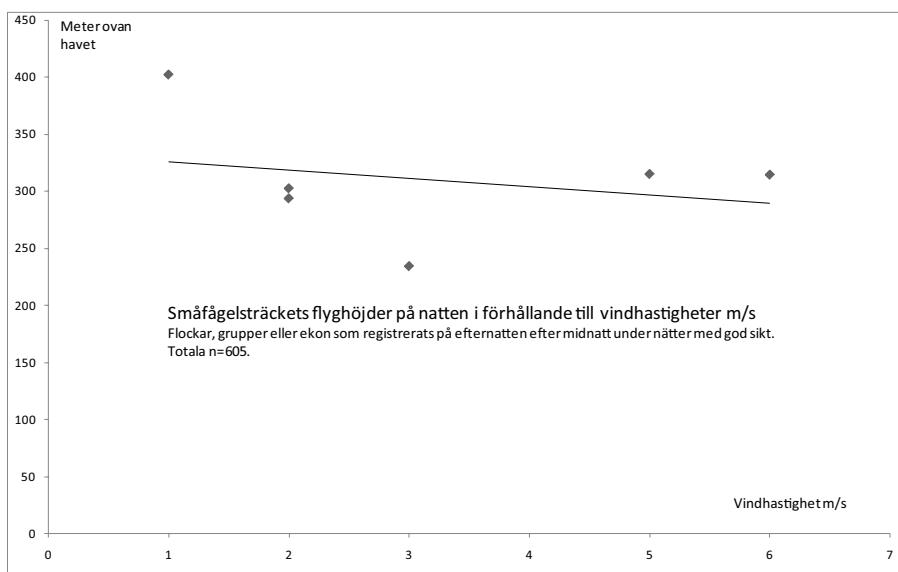


Figur 10. Småfågelsträckets medelflyghöjder timme för timme under natten 3–4 oktober 2007 då en dimma upp till höjden 100 meter ovan havet börjar förekomma kl. 00:30 ute vid fyren. På morgonen rastade 14 småfåglar, varav 11 var sädesårlor. Under de tre sista timmarna med dimma och ljus den 4 oktober sträckte det sädesårleflockar på 20–30 individer åt NV över havet, alltså ett retursträck efter nattens sydliga riktning.



Figur 11. Små- respektive sjöfågelsträckets medelflyghöjder under efternatten med god sikt samt under nätter med dimma. Variationen från medelvärde angivet med strecket genom medelvärdet.

Det finns ytterligare ett samband avseende flyghöjder och det är att småfågelsträckets visar ett linjärt samband: Under sträcknätter (förnätter) med lite kraftigare vind flyger de lite högre i medeltal mot nätter med svaga vindar (se figur 12).



Figur 12. Småfågelsträckets medelflyghöjder under förnatten med god sikt i förhållande till hur mycket det blåser i medvind. Samband med högre flyghöjder i starkare vind är dock inte statistiskt säkerställt i denna studie.

3.1.6 Hur passerar sjöfågarna vindkraftverken på natten?

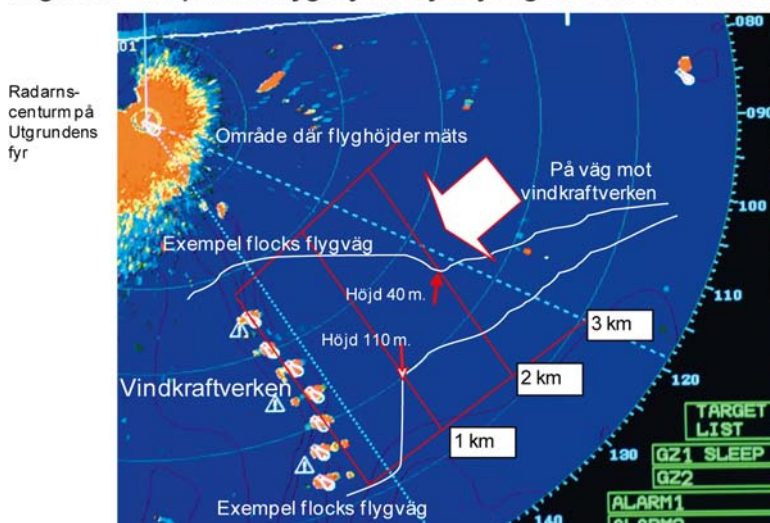
Att säkert registrera småfåglars flyghöjder längre bort än 1500 meter från denna radar har inte varit möjligt, inte heller hur många som kan följas eller registreras. Därför analyserades inte om och i så fall hur småfågarna väjer vid mötet med de 100 meter höga vindkraftverken. Det finns dock ett undantag och det är en observation under våren då ett starkt, förmodligen traststräck, förekom. Uppgifter om fåglarnas flygning längre bort än 1500 meter från fyren kunde dokumenteras (se stycket om våren/Småfåglars nattflyttning vid vindkraftverk). För sjöfågelflockar som kan uppfattas på betydligt längre avstånd kan flyghöjdsuppgifter erhållas, men i denna studie gjordes bara (oftast nattetid) registreringar ut till 1500 meter från fyren för att inte behöva göra om inställningarna.

En liten del av sjöfågelflockarna flyger direkt mot vindkraftverken. Detta förekommer dagtid och de som gör det väljer oftast att flyga vid sidan om verken. Detta är väl dokumenterat i en studie vid Kalmarsund åren 1999–2003 (Pettersson 2005). Sjöfågarna börjar väja för verken någonstans mellan 3 och 1 km från verken. Många flockar flyger närmare verken än 200 meter (Pettersson 2005). Hur de flyger på natten mot vindkraftverken, när de i medeltal alltså flyger lite högre, visar det insamlade materialet från dessa höststudier. Materialet visar att sjöfågarna väjer i medeltal ca. 570 meter före verken (se tabell 3).



Bild 6. Ejdurar som flyger vid vindkraftverken vid Utgrunden dagtid. Men hur passerar de verken på natten?

Radarbild mot öster om Utgrundens fyr och tre kilometer bort från fyren, frågan var och på vilka flyghöjder väjer sjöfågelflockar för vindkraftverken

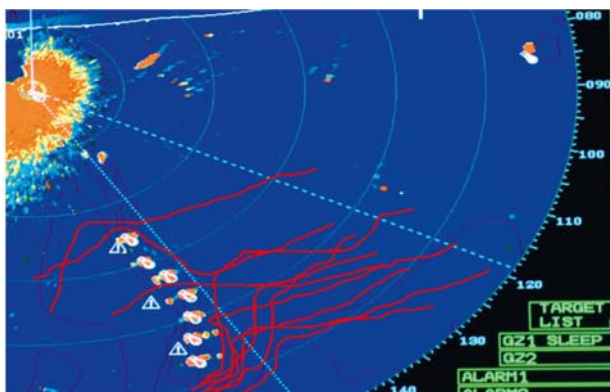


Figur 14. På Utgrundens fyr finns två fartygsradaranläggningar, en som mäter ut var fågelflockarna flyger (horisontellradar). Den andra kan registrera flyghöjden i ett triangelformat område mot SE (markerat på bilden). Följningar av flockar som har riktning mot vindkraftverken kan registreras. Man kan se var de väljer vilken sida de ska flyga om verken, se exemplet med de två flockarna som visas (en väjer vid 1 km och den andra vid 2 km). Detta beteende är vanligt för de flockar, som kommer dagtid och kan följas så långt bort som 12 kilometer.

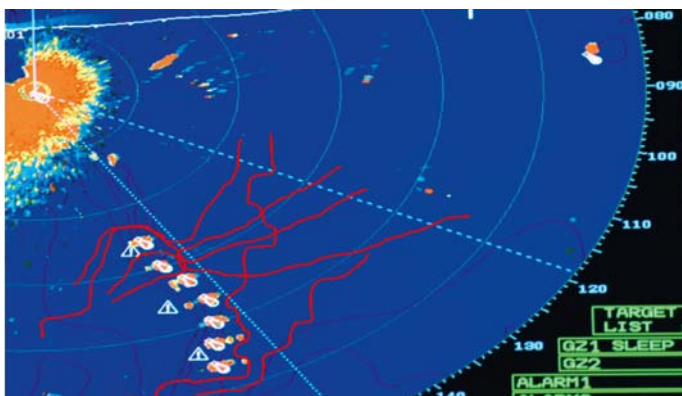
Tabell 3. Tabellen visar på vilka avstånd höstflyttande sjöfågelflockar väjer för de sju vindkraftverken vid Utgrunden under nätter med god sikt samt hur de gör i dimma (låg dimma, högst 100 meter). Här har en annan inställning på radarn använts än den när småfåglarnas flyghöjder ska kunna mätas. Därför omfattar det ett begränsat antal flockar, med insamlade data under 8 olika nätter.

Höst materialet		
Avstånd i m	Natt	Natt/dimma
	Antal fl	Antal fl
1500	1	
1400		
1300	2	
1200		
1100	2	
1000	6	1
900		2
800	8	2
700	10	2
600	12	2
500	11	2
400	8	5
300	8	2
200	7	2
100	1	
mellan	4	2
tot antal	80	22
m avstånd	568,8	500
SD avstånd	34	52
m flyghöjd	168,3	167
SD flyghöjd	22	24

Det sammanställda materialet visar att nattetid väjer flockarna för vindkraftverken på avståndet i medeltal 570 meter från verken. Det är klart närmare än på dagen, då väljningsavståndet är 1–3 kilometer (se Pettersson 2005 och Fox m.fl. 2006). Under nätter med dimma väjde fågelflockarna i medeltalet 500 meter från verken och 9 % av flockarna flög mellan vindkraftverken, medan bara 5 % av flockarna flög mellan verken under nätter utan dimma. Under dagtid, visar en tidigare studie i samma område (Pettersson 2005), att mellan 0,1–0,5 % av sjöfågelflockarna flyger mellan de sju vindkraftverken på Utgrunden. Figurerna 15 och 16 visar exempel på hur det i en sådan följdning ser ut som om sjöfåglar, som flyger i dimma, håller en lägre flyghastighet och inte har samma bestämda riktning, utan söker sig fram mer än vad de flygningar visar som följts under god sikt nattetid.



Figur 15. Tio valda flygföljningar av sjöfåglar eller vadare (medelhastighet 65 km/h) från natten 3–4 oktober mellan 20:59–23:59. Det är endast de flockar som har riktning mot fyren som har ritats ut (ca 80 flockar till i området samma tid) och det är under betingelser med god sikt och natt.



Figur 16. Sex valda flygföljningar av sjöfåglar eller vadare (medelhastighet 43 km/h) från natten 3–4 oktober mellan 04:59–05:59. Det är bara de flockar som har riktning mot fyren som ritats ut (8 flockar i området samma tid) och det är under betingelser med dimma (upp till ca 100 meter) och natt.

3.2 Våren

3.2.1 Studiens omfång

Av totalt 26 nätter hade 8 bra sträck (se tabell 4). Under hösten förekom både småfågel- och sjöfågelsträck. En av dessa 26 nätter var det dimma från början av natten men inget fågelsträck. Hur vanligt det är med dimma och fågelsträck i kombination har tidigare diskuterats (Pettersson 2005) och måste bedömas som förekommande men är trots allt rätt ovanligt. Kombinationen noterades under våren 2000 vid flera tillfällen men inte våarna 1999–2003 (Pettersson 2005).



Bild 7. Ejderflockarna flyger lågt ute i Kalmarsund under dagtid, här bara ca. en halvmeter ovan vattnet.

Tabell 4. De totalt 26 studienätterna under vårarna som genomförts under åren 2006–2008 vid Utgrunden. Här anges väderbetingelserna samt antalet rastande småfåglar på fyren under morgonen efter nattsträcket.

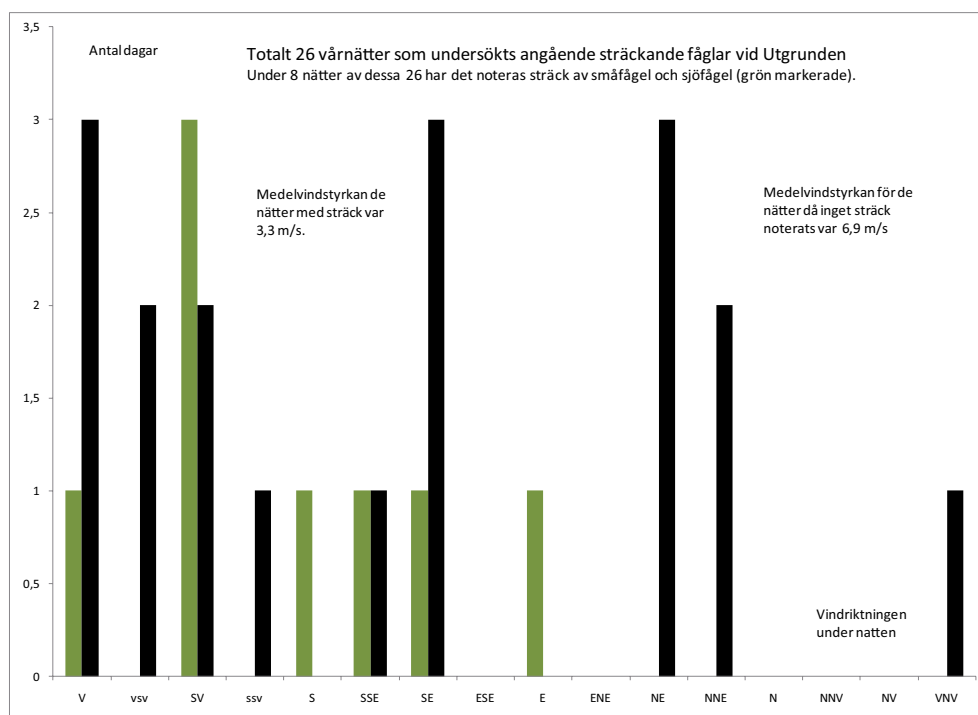
De nätter studier gjorts från Utgrundens fyr i södra Kalmarsund för att bevaka nattsträcket. Väderuppgifter samt antalet rastande småfågel på fyren efter nattens sträck från att det ljusnat och tre timmar framåt.						
År	Datum	Småfågel nattsträck	Vindar m/s	Sikten	Rastare	Totalt antalet
2006	3-4.4	Bra sträck	S 3	God	Rödhake 4, gärdsmyg 2 o kungsfågel 2	8
2006	4-5.4	Inget sträck	V 8	Dis		0
2006	5-6.4	Inget sträck	V 10			0
2006	6-7.4	Inget sträck	VSV 8		Rödhake 1 o sädesärla 1	2
2006	7-8.4	Inget sträck	VSV 4			0
2006	10-11.4	Bra sträck	SV 3		Rödhake 8, gärdsmyg 4, järnsparv 4 o taltrast 2	18
2006	11-12.4	Inget sträck	V 6		Sädesärla 2 o ängspiplärka 1	3
2006	12.13.4	Bra sträck	SV 4		Sädesärla 4, rödhake 2, talgoxe 2 o pilfink 4	12
2006	18-19.4	Inget sträck	SE 8		Taltrast 1	1
2006	5-6.5	Bra sträck	SV 2		Lövsångare 6, trädpiplärka 2 o gärdsmyg 1	9
2006	25-26.5	Bra sträck	V 4		Lövsångare 2, grönsångare 1, svartvit flugsnappare 1	4
2006	26-27.5	Inget sträck	NNE 4			0
2006	27-28.5	Inget sträck	NE 2	Dimma		0
2007	27-28.3	Inget sträck	NE 4	Höjdradarn trasig		0
2007	28-29.3	Bra sträck	E 1	Höjdradarn trasig	Rödhake 6, sädesärla 2 o gärdsmyg 2	10
2007	29-30.3	Bra sträck	SSE 2	Höjdradarn trasig	Rödhake 4, taltrast 2 o gärdsmyg 2	8
2007	4-5.5	Inget sträck	SE 4	Höjdradarn lagad		0
2007	5-6.5	Inget sträck	SSE 6	Dis		0
2007	31.5 -1.6	Inget sträck	SE 6	Regn		0
2007	1-2.6	Inget sträck	NE 10			0
2008	27-28.3	Bra sträck	SE 2	Dis	Rödhake 4, kungsfågel 4, koltrast 1, taltrast 1 o gärdsmyg 1	11
2008	28-29.3	Inget sträck	VSV 8	Regnskurar		0
2008	3-4.4	Inget sträck	VNV 6			0
2008	4-5.4	Inget sträck	SV 7			0
2008	16-17.4	Inget sträck	SV 8		Sädesärla 2	2
2008	25-26.5	Inget sträck	NNE 4	Dis		0

3.2.2 Nätterna med fågelsträck och vindar

Det är känt att det är medvindar som lockar till fågelflyttning under både höst och vår och under våren är det vindar från den sydliga sektorn. I figur 17 presenteras de undersökta nätterna och deras vindförhållanden (bedömt på fyren Utgrunden var tredje timme och det är förnattens huvudsakliga vindriktning och vindstyrka som anges). Det har alltså förekommit sträck under vindar från sektorn V-E (medvind), men i medeltal med styrkan 3,3 m/s mot de övriga dagarna utan sträck då det blåst 6,9 m/s. Att fågelsträcket på natten föredrar nätter med medvindar indikeras också av att nätter med nordliga vindar (direkt motvind) inte uppvisar något sträck.



Bild 8. En ejderflock på väg norrut med Öland i bakgrunden.



Figur 17. Vårsträcket av fåglar nattetid sker mestadels i medvind och i svaga vindar.

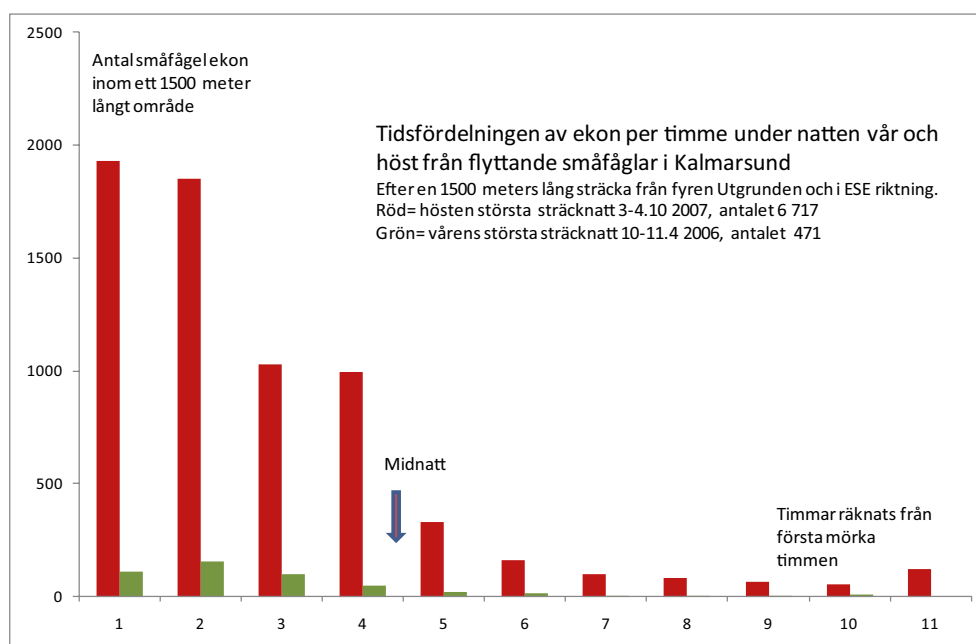
Att skilja på ekon från småfåglar och sjöfåglar har gjorts genom att den horisontella radarn har använts som målsökningsradar på en del ekon. Om hastigheten varit kring 20 km/h eller lägre har fåglarna klassats som småfåglar, för hastigheter omkring 45 km/h och mer som sjöfåglar eller vidare. För olika fåglars flyghastigheter se Alerstam 1990.

3.2.3 Sträckets förlopp under natten och flyghöjder

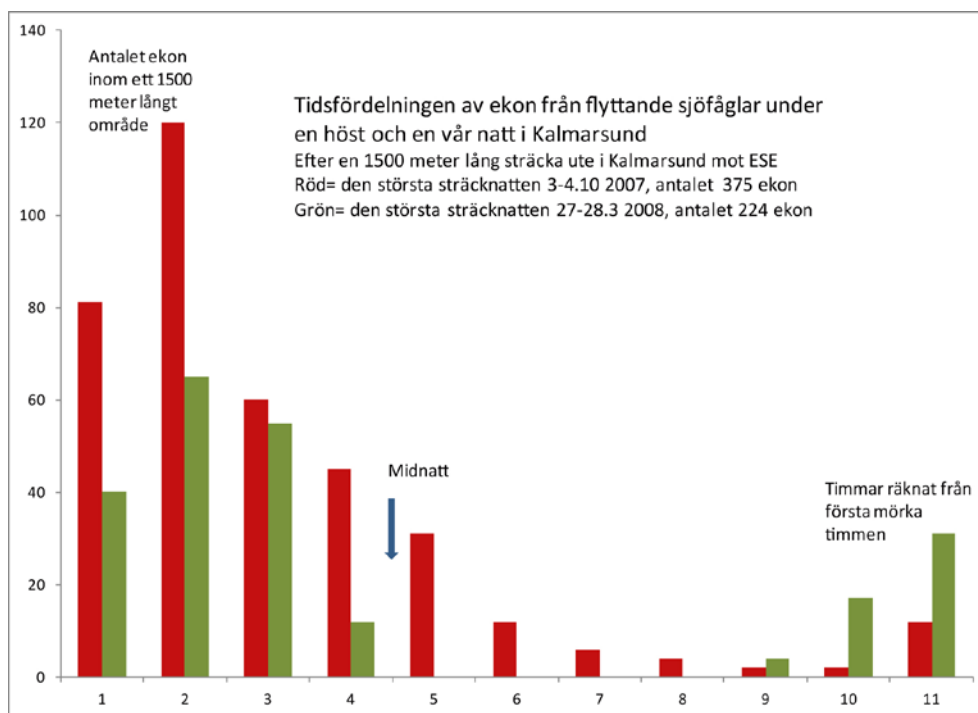
Båda dessa grupper av fåglar uppvisade en liknande utveckling under nattens gång från en kraftig topp i början av natten, för att nästan helt ha avtagit till timme 6 efter mörkrets inträdande, alltså en timme efter midnatt. Framförallt sjöfåglarna visar att de sträcker mer närmare gryningen men det gällde också för småfåglarna (se figur 18 och 19). Främst visar det på att småfågelsträcket under våren är bara ca 10 % av vad det är under hösten, men att sjöfågelsträcket i området är minst lika starkt på våren som på hösten, nattetid. Det stora materialet, som finns i denna studie av nattsträcket och som ger ny kunskap är flyghöjderna, som noterats under vårnätter för totalt drygt 1014 småfågelekon samt drygt 294 ekon av flockar av sjöfåglar. Figurerna 18 och 19 om små- och sjöfåglarnas procentuella fördelning på de olika flyghöjderna visar att småfåglarna i medeltal flyger högre under vårnätterna än under höstnätterna, men att sjöfåglarna flyger på ungefär samma höjder vår som höst.



Bild 9. Ejdrar som landar när flyttningsförhållanden har ändrats.



Figur 18. Vårsträcket av småfåglar nattetid och dess tidsfördelning i förhållande till höststräcket (med exempel från dagar då sträcket är störst). Sträcket är starkt på förnatten för att nästan helt försvinna på efternatten.

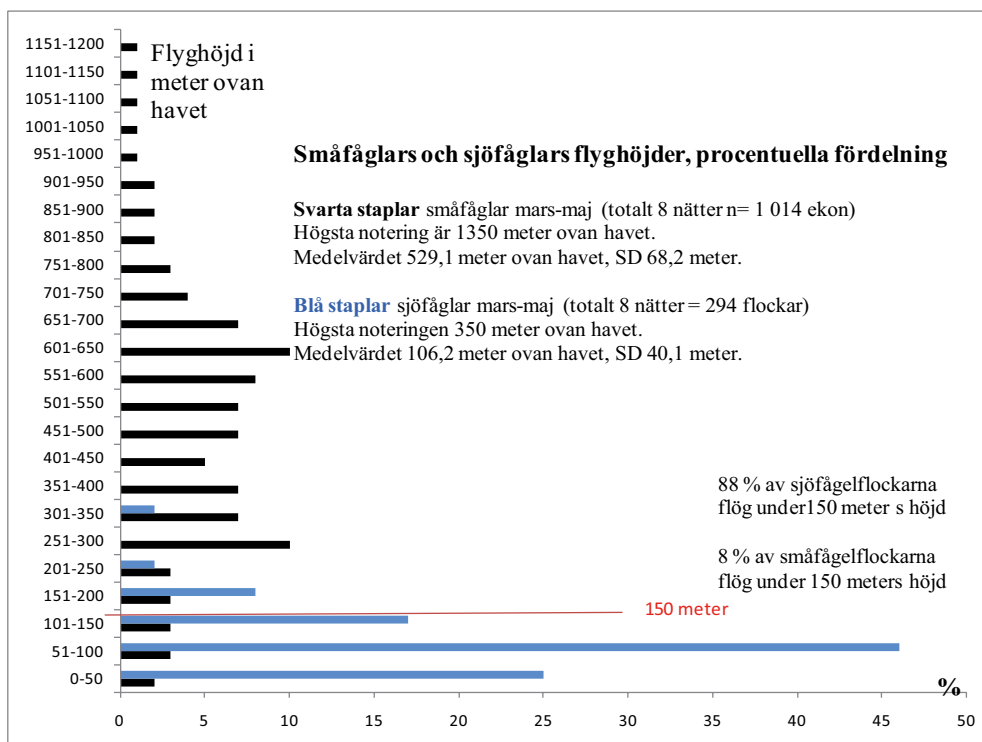


Figur 19. Vårsträcket av sjöfåglar nattetid och dess tidsfördelning i förhållande till höststräcket (med exempel från dagar då sträcket är störst). Starkt sträck på förnatten men som nästan helt har försvunnit mitt i natten. Under våren sker en del sträck på efternatten eller tidig morgon (den tendensen finns även i höststräcket).

Det förvånar något att så pass många som 8 % av småfågelekona kommer från lägre höjder än 150 meter, vilket är en idag normal rotorhöjd. Det är alltså en del småfåglar, som kan påverkas av vindkraftverk till havs under flygningen då de flyger i rotorhöjd. För sjöfåglarna (se figur 20) flyger merparten (88 %) under hela natten i rotorhöjd eller lägre. På våarna flyger de i medeltal på 529 meters flyghöjd nattetid mot 50 meter under dagtid (insamlade uppgifter finns för dagsträck i denna studie n=328 SD 16 meter men de har inte redovisats här). Skillnaden som visar att de flyger högre på natten än på dagen är statistiskt säkerställd (x2-test).



Bild 10. Sex av de sju vindkraftverken vid Utgrundens i södra Kalmarsund med Långe Jan (fyren på Öland södra udde) i bildens mitt 24 kilometer bort.



Figur 20. Flyghöjdsfördelningen under vårsträcket för småfåglar respektive sjöfåglar.

3.2.4 När väjer sjöfåglarna för havsbaserade vindkraftverk?

Planen var att denna studie skulle göras på den planerade vindparken Utgrunden II med 24 vindkraftverk, som skulle uppföras i närheten av den idag (sju verk) befintliga parken (Utgrunden I). Den större parken har ännu inte byggts, varför resultaten angående påverkan på små- respektive sjöfåglar bygger på studier vid de sju verken på Utgrunden I. Detta innebär att studier på hur småfåglarna flyger vid verken inte kunnat genomföras fullt ut. Som redan nämnts registrerar den använda radarn inte småfåglars flygvägar längre bort än 1500 meter med någon säkerhet men det finns ett undantag, se längre fram i texten. Under vårnätter med god sikt väljer sjöfåglarna att flyga runt de sju vindkraftverken och de flockar som har riktningar direkt mot verken (ca en av tio flockar) väjer för verken på avståndet 482 meter i medeltal, vilket visas av de 50 följningarna som gjordes dessa vårar (se tabell 5).

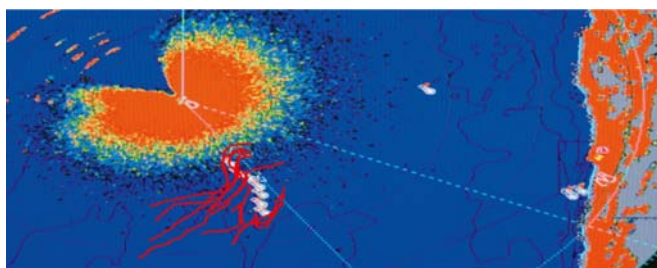


Bild 11. Tranor som passerar vid sidan om vindkraftverken på Utgrunden.

Tabell 5. Tabellen visar på vilka avstånd vårflyttande sjöfågelflockar väjer för de sju vindkraftverken vid Utgrunden under nätter med god sikt. Radarinställningen för att göra dessa studier har varit lite annorlunda än för studierna av småfåglarnas flyghöjder.

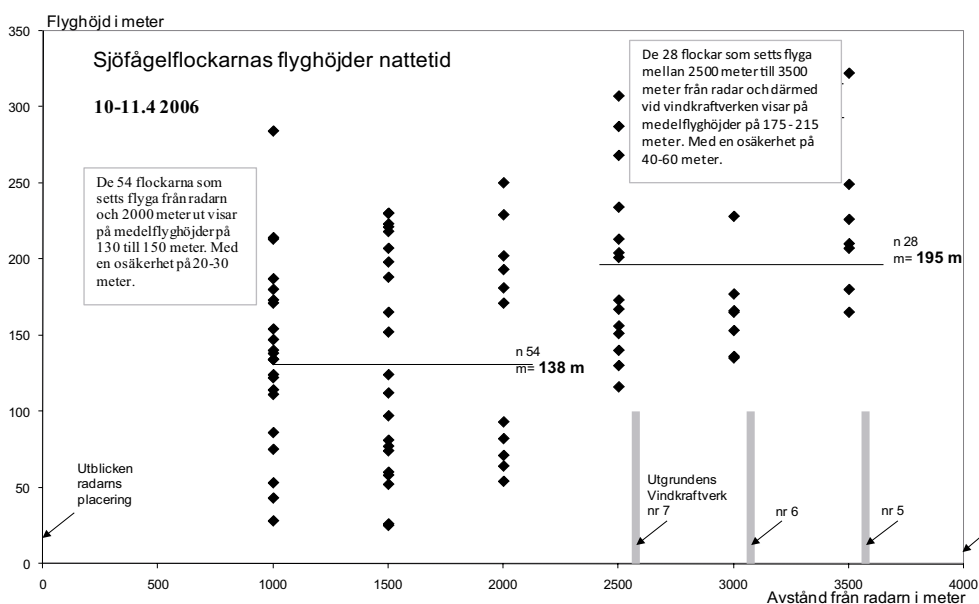
Vår materialet	
	Natt
Avstånd i m	Antal fl
1500	
1400	
1300	
1200	
1100	
1000	5
900	
800	
700	3
600	11
500	13
400	4
300	5
200	3
100	2
mellan	4
tot antal	50
m avstånd	482
SD avstånd	42
m flyghöjd	185
SD flyghöjd	18

Flockarna som flyger i riktning mot vindkraftverken under nätter med god sikt under våren väjer inte för verken på 1–3 km som de gör på dagen. Detta begränsade material på 50 flockar visar att de väjer på 482 meters avstånd (SD 42 meter) och på en flyghöjd på ca 185 meter (SD 18 meter) (dock mätt efter att de passerat verken). Att dessa flockar väjer så pass nära verken visar exemplen på följningar i figur 21 från natten 10–11 april, då radarförhållandena var bra (orsak vet inte). Flygföljningar kunde då göras betydligt lättare och tydligare än många andra nätter. Därför har en separat analys gjorts på sjöfågelsträcket vid vindkraftverken den natten.



Figur 21. Tio valda flygföljningar av sjöfåglar eller vadare (medelhastighet 65 km/h) och det är från natten 10–11 april 2006 samt 28–29 mars 2008 (det noterades att ytterligare 28 flockar flög mot verken dessa nätter, men gav bara tillfälliga följningar). Flyghöjder mättes när de passerat verken och var i medeltal 167 meter vilket kanske förklarar att så pass många flög över. En kraftig vågstörning visas på bilden som är från den 29 mars 2008.

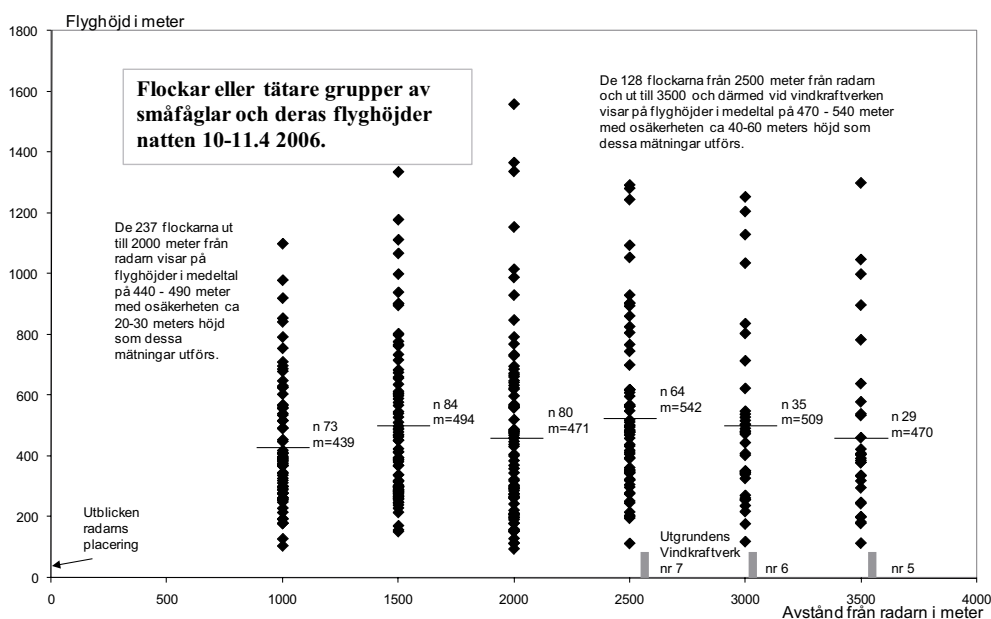
Resultatet visar att sjöfåglarna natten 10–11 april passerade huvudsakligen över vindkraftverken och sannolikt höjdes flyghöjden innan de passerade. Flockarna som flög mellan fyren och vindkraftverken flög på en höjd, som är nästan sextio meter lägre (här finns dock vissa mättekniska problem, osäkerheten är större ute vid verken än innanför), se figur 22. Att de flyger på i medeltal 138 meters höjd (SD 27 meter) över havet på natten utan vindkraftverk kan jämföras med en tidigare studie i Kalmarsund. Den visar att sjöfåglar dagtid i medeltal flög under 30 meters höjd eller lägre i alla olika vindar (Pettersson 2005). Då osäkerheten på flyghöjdsbedömningen är stor på ett större avstånd ger den ingen statistisk säker skillnad mellan hur högt sjöfåglarna flyger över verken och deras flyghöjd utanför vindkraftverken då avståndet är över 3500 meter från radarn.



Figur 22. Sjöfågelsträck den 6–7 april och 10–11 april. Det rådde goda flyttningförhållanden (speciellt den 10–11 april) och radarföljningsmöjligheterna var extremt goda. Här visas ett 80-tal sjöfågelflockars flyghöjder över hav utan vindkraftverk (medel 138 meter, SD 27 meter). När de passerat de 100 meter höga vindkraftverken flög de högre (medel 195 meter, SD 39 meter). Osäkerheten i höjdmätningen ökar med avståndet men sjöfåglarna visar en högre flyghöjd över vindkraftverken än över öppet hav denna natt.

3.2.5 Småfåglars nattflyttning vid vindkraftverk

Den använda radarutrustningen kan bara med någon säkerhet göra följningar av småfåglar ut till ca 1500 meter från radarn (se metoddelen). Natten den 10–11 april skedde ett för våren ovanligt starkt småfågelsträck ute över Kalmarsund. Jag bedömde att en hel del av fåglarna var trastar och möjligen starar på förnatten (både taltrast och många rödvingetrastar hördes under förnatten). Av de fåglar som rastade på fyren morgonen den 11 april dominerade dock rödhaken. Vid en efteranalys av videofilmerna har också en analys gjorts av sträcket av småfåglar (trastar) med den osäkerhet, som beror av avståndet. Den uppmätta medelflyghastigheten för samtliga småfåglar under denna period (45 st.) ligger på 32 km/h, vilket antyder att en del större småfåglar som starar eller trastar bör ha varit inblandade. I figur 23 har alla flyghöjder som noterades den 10–11 april plottats ut till 3500 meter från radarn. Att flyghöjden över de tre närmaste verken inte avviker nämnvärt mot hur högt de flög mellan fyren och vindkraftverken talar för att de inte stiger upp på högre höjder när de passerar de 100 meter höga vindkraftverken. De håller i medeltal en höjd av 400–600 meter ovan havet. Det förvånar att så få lägre flygningar, under 150 meter, noterades. Det har noterats andra vårnätter då ca 8 % av ekona kommit från lägre nivåer än 150 m. Denna natt var det bara 12 st. som flög så lågt (3 %).



Figur 23. Natten den 10–11 april rådde goda flyttningförhållanden och tydligen extremt goda radarföljningsmöjligheter. Figuren visar 365 småfågelekons (sannolikt mest trastar eller starar, medelflyghastigheten 32 km/h) flyghöjder över hav utan vindkraftverk och efter att de passerat 100 meter höga vindkraftverk. Dessa små skillnader i flyghöjd kan inte påvisas med säkerhet, utan sannolikt flyger fåglarna inte högre över verken än över det övriga havet.

4. Diskussion

4.1 Fågelflyttningen på natten - allmänt

4.1.1 Kommentarer om radaridentifiering av fåglar

En fördel med radar är att man kan registrera fåglarnas flyttningsintensitet och flyghöjd även i mörker. Det är anledningen till att radar använts i den här studien som enbart tar upp nattflyttning för att ge en bild av sträcket vi inte ser men som kan vara intensivt. Genom att använda radarinstrument kan sådana objekt som reflekterar elektromagnetiska strålar lokaliseras: fåglar, fladdermöss och insekter. Inom ornitologin används olika typer av radar allt från högkapacitets- och målföljningsradar (se "Fledermaus" Bruderer 1997a; "Flycatcher" Buurma 1995) via övervakningsradar, som täcker stora områden (används av försvarsmakten, t.ex. Jellmann 1989, Alerstam 1974a och 1974b samt Pettersson 2005) till kommersiell fartygsradar. Den senare har under den senaste tiden allt oftare använts för att undersöka lokala fågelflyttningar (se bl.a. Hyppop m.fl. 2006 och Pettersson 2006). Med en 90-gradig avvinkling på radarn kan man även ta reda på den exakta flyghöjden (Harmata m.fl. 1999, IfAö 2004 och Hyppop m.fl. 2006). Utvecklingen av möjligheter att ta hand om alla ekon, som kommer in till radarn i dag tillsammans med utvecklingen av dataprogram gör att även insekter och fladdermöss nu och i framtiden kan följas av denna typ av radar (se Petersen m.fl. 2006 och Ahlén m.fl. 2007).

För att i denna nattstudie kunna ge ett bra svar på frågan hur sjöfåglar kontra småfåglar flyger och reagerar, har de skiljts åt på samma sätt som i andra studier (Petersen m.fl. 2006): Fåglar vars flyghastigheter är lägre än 20 km/h är småfåglar och de som flyger snabbare än 45 km/h är sjöfåglar och vadare. Detta gör att ca 15 % av ekon under höstar och 10 % under vårarna blir bortplockade för att inte få in felaktiga värden för de två grupperna av fåglar.

Vid uträkningen av flyttningsintensitet har dessa 15 % respektive 10 % halverats och lagts till för småfåglar respektive sjöfåglar.

I förstudien (Pettersson 2006) till denna studie upptäcktes att även vissa fladdermöss syns på radarn. Våglängden på radarn måste ändras för att kunna följa fladdermössen, som mestadels är av arten stor fladdermus. Man kan följa fladdermössen ut till ca 2500 meter från radarn se Ahlén m.fl. 2007). Efter en längre följning går det att se att det är fladdermöss och inte småfåglar då (Fladdermöss flyger oftast med en hastighet på ca 10–25 km/h) de vänder helt om ibland i jakten på insekter under deras flyttning (se Ahlén m.fl. 2007). Av de ekon som setts närmast fyren, upp till ca 100 meter från denna, kan det sannolikt ha kommit med någon följning av fladdermus som har klassats som småfågel, då följningarna inom det avståndet är korta. I övrigt har de klart kunnat separeras.

4.1.2 Flyttningens omfattning vid Utgrunden

Eftersom dag- och nattflyttningen skiljer sig väsentligt åt (artsammansättning, siktförhållanden) presenteras flyttningsintensiteter för natten i denna rapport. En annan anledning till att nattsträcket prioriteras är att det är på natten, då vi själva inte ser särskilt bra, råder större osäkerhet om hur omfattande fågel-flyttningen är.

På vilka höjder sträcket sker på är givetvis då mer osäkert. Denna osäkerhet har också framförts vid planering av vindkraftparker till havs och det har befarats att vindkraftverken kan innebära en stor fara för fåglarna, främst i mörker och dimma.

Det finns olika metoder för att mäta nattlig fågelflyttning, varav användning av radarutrustning är av mycket stor betydelse. Genom de registrerade fågelekona går det dock inte att bestämma hur många individer det enskilda ekot visar (om det inte handlar om målförföljningsradar på varje flock eller eko). När man vill bedöma intensiteten (t.ex. vid en jämförelse av natt- och dagflyttning), måste man i detta sammanhang ta hänsyn till att sångfåglar under natten i allmänhet flyger ensamma eller i grupper, medan de på dagen ofta flyger i stora flockar (se Bruderer 1971 och Alerstam 1990). Nattflyttningens intensitet följer i princip samma mekanismer som dagflyttningens, dvs. huvudsakligen flyttningsberedskap hos de respektive arterna och väderförhållanden (se Zehnder m fl. 2001 och Alertsam, 1990). Flyttningsintensiteten är givetvis också årstidsrelaterade och visade i allmänhet mycket stora variationer både under och mellan år.

Skillnader mellan dag- och nattflyttningens intensitet kan bero på art-sammansättningar. Nattflyttande sångfåglar är ofta långdistansflyttare, som kommer fram till häckningslokaler sent under säsongen och lämnar dessa igen förhållandevis tidigt. Flyttningstoppar inom dessa grupper inträffar därför i allmänhet under olika perioder. Det finns några kvantitativa uppgifter om den nattliga flyttningsintensiteten i Östersjöområdet. Zehnder m fl. (2001) kunde bestämma flyttningskvoter för höstflyttningen i södra Sverige genom att använda en passiv infrarödkamera. De registrerade genomflyttningskvoterna varierar mellan 6 och 6618 fåglar ekon/h/km. Genomsnittet var 1 319 fåglar ekon/h/km. Inför byggandet av en vindpark på Kriegers Flak har IfAö (2004) gjort en större radarstudie under såväl vårar som höstar och deras värden för den maximala flyttningsintensiteten på dagen var 1 355 ekon/h/km. På natten registrerades betydligt fler ekon med upp till maximala värden 2 967 ekon/h/km.

Denna Kalmarsundstudie ger, om man räknar om de nattliga värdena (enligt metod IfAö 2004) för alla observerade fågelekon, ett maximalt på 1 840 eko/h/km under hösten, medan vårvärdet nattetid maximalt är 355 ekon/h/km. Grovt sett är alltså södra Kalmarsund en fågelokal för småfågelsträck som är relativt stort under hösten men svagt på våren. I jämförelse med extremlokalen Falsterbo i södra Skåne har Kalmarsund bara ett fågelsträck, vars intensitet är ca. 25 % av höststräcket vid Falsterbo. Sjöfågelsträck som undersökts i olika omgångar i Kalmarsund av Alerstam m.fl. (1974a och

1974b) och senast av Pettersson (2005) visar på att det maximala sträckets intensitet per kilometer och timme av sjöfågelsträck på dagtid i sundet ligger på 6000–8000 fåglar/h/km beräknat på flockar av sjöfåglar (ejder, både vår som höst), vilket alltså är av ”Falsterbo-klass”. För den närliggande extrema flyttninglokalen på Ölands södra udde vid Ottenby, som är en klassisk fågellokal, finns mig veterligen inga jämförbara värden, men nattsträcket av småfågel bör hålla minst ”Falsterbo-klass”. Detta antyds också av radarstudierna i Kalmarsund åren 1999–2003 då det förekom nätter med mycket intensivt sträck över södra Öland (Pettersson 2005).

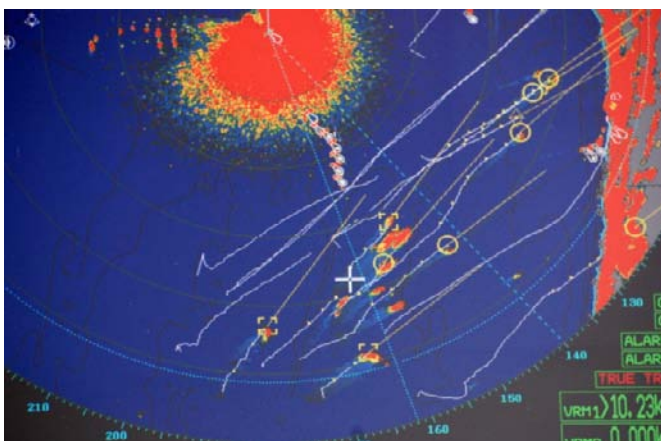


Bild 9. Radarföljningar av vitkindade gäss som flyttar den 6 maj 2007 kl. 12:32. Det rör sig om ca 3000 gäss i olika flockar och samtliga flyger söder om Utgrundens vindkraftverk. Totalt den dagen noterades 12000 vitkindade gäss flytta i området.

4.1.3 Fenomen som påverkar flyttningensintensiteten

I allmänhet sker merparten av fågelflyttningen vid ”bra väder och medvind” (Bruderer1997b och Alerstam 1990). I den norra hemisfären uppträder sådana situationer när det i förhållande till den huvudsakliga flyttningsriktningen finns ett lågtrycksområde i väster och ett högtrycksområde i öster. Under hösten händer detta ofta i samband med en passerande kallfront och under hösten i samband med en passerande varmfront (se Alerstam & Ulfstrand1974b, Alerstam 1978 och Richardson 1978 där det även finns en utförlig sammanfattning av hur vädret påverkar fågelflyttningen). Utöver regn och vind beror den allmänna väderleken även på enskilda faktorer som temperatur, lufttryck och sikt, men dessa enskilda faktorer påverkar nästan inte flyttningensintensiteten.

Utöver väderleken påverkar framförallt vindförhållandena (vindriktning och vindstyrka) flyttningensintensiteten (se Alerstam 1978). När det är medvind under flyttningen sparar fåglar tid och energi och det är den situationen, som fåglar föredrar för sin flyttning. Däremot leder framför allt stark motvind till liten flyttningensintensitet (Bruderer & Liechti1998 se även Alerstam 1990). Olika arter är även olika känsliga för motvind: ringduvor och kajor selekterar mycket starkt efter medvind, medan finkar och starar är mindre

selektiva (Alerstam 1978). Ringduvor är även mycket känsliga mot vinddrift. Vid nordvästliga vindar driver de mot öppet hav, vilket de inte kan kompensera i någon större omfattning (Alerstam & Ulfstrand 1974b). Dimma kan påverka dagflyttande fåglars orientering och orsaka avvikelser från ”normala” flyttstråk. Landfåglar kan möjligtvis även tillfälligt försöka avbryta flyttningen på grund av försvarade sikt- och flygförhållanden. Vid dimma till havs skulle det betyda att fåglar flyger lägre för att ”söka” en möjlig landningsplats och att ett stort antal fåglar kan t.ex. landa på ett fartyg om det finns ett sådant i närheten. Regn minskar i stor utsträckning flyttfåglarnas uppbrott (t.ex. Alerstam 1978, Alerstam m.fl. 974a) liksom sjöfåglars vinterförflyttningar (Alerstam & Ulfstrand 1974b).

4.1.4 Över södra Kalmarsund flyttar en hel del småfågel

Nattflyttande fåglar startar i allmänhet när det blir mörkt, dvs. 1–2 timmar efter solnedgången, då det ofta fortfarande finns möjlighet till optisk orientering. Därför börjar nattflyttningen mycket plötsligt, för att sedan snabbt öka i omfattning. Ofta nås sträcktoppen den högsta intensiteten redan före midnatt, för att sedan sjunka under natten (Alerstam 1990, Bruderer 1997b och Fortin m fl. 1999). Den minskade intensiteten under den senare delen av natten visar att fåglarna börjar landa redan efter 3–6 flygtimmar (Bruderer & Liechti 1998, Zehnder m fl. 2001 och 2002). Vid Falsterbo passerar hälften av fåglarna ungefär under de första 40 procenten av nattiden. Detta motsvarar knappt 5 timmar efter skymningen (solen står 6° under horisontlinjen Zehnder m fl. 2001). Det beskrivna mönstret visas tydligt i södra Kalmarsundsmaterialet under både vår och höst och då speciellt för småfågelsträcket. Nattflyttningens konkreta förlopp vid en särskild plats påverkas på ett avgörande sätt av avståndet till huvuduppbrottsområdet. På så sätt kan flyttningstoppar tydligt skjutas upp till senare på natten om vissa populationer startar på större avstånd från huvuduppbrottsområdet. (Zehnder m fl. 2001). För samma observationsplatser kan det finnas årstidsrelaterade skillnader för flyttningens tidsmässiga förlopp.

Trots nämnda allmänna föreställningar om ett mycket koncentrerat uppbrott när skymningen sätter in, visar kombinerade radar- och telemetriska undersökningar av nattflyttande sångfåglar signifikativa variationer för uppbrottstiden beroende på art, årstid och plats (Åkesson m fl. 1996, 2001). De flesta fåglarna startar under den nautiska skymningen (solen 0–12° under horisontlinjen), varvid fåglar startar alltifrån tydligt innan solnedgång till sena natten. Trastar startar mycket tidigt under den nautiska skymningen, men även tydligt före solnedgången. Näktergal (*Luscinia luscinia*) och rödhake startar inte förrän de första stjärnorna kan urskiljas på himlen. Mer än hälften av de undersökta rörsångarna (*Acrocephalus scirpaceus*) bryter upp 30 till 150 min efter solnedgången, resten först 3–4 timmar efter solnedgången (Åkesson m fl. 2001). Trastar bryter ofta upp i flock och intar därför en medelposition mellan nattflyttare, som startar när det fortfarande är ljus och som flyger i flock (änder, tärnor, vadare) och enskilt flygande nattflyttare, som

startar mycket sent. Att sent startande arter är oberoende av synliga strukturer tydliggör att det vid starten inte nödvändigtvis behövs visuell orientering och att det troligen finns en kombination av olika orienteringsmekanismer vid starten.

Resultaten i denna rapport - gällande både höstens och vårens flyttningfördelning under natten - visar på stor aktivitet under förnatten för att sedan nästan försvinna resten av natten. Det antyder att det är en uppbrottsplats på Öland (hösten) eller fastlandet (våren). Det är alltså rätt nära detta sund som sträcket på natten startar. De som landar efter en natts flyttning tycks mer sällan göra det direkt över Kalmarsund (kanske dock något fler som förrirrar sig i dimma ut i sundet än andra nätter, se t ex natten 3–4.10 2007). Sjöfågelsträcket uppvisar ett liknande mönster men här uppvisar speciellt vårmaterialet att sträcket startar igen i slutet av natten eller att fåglarna kommer från avstånd som gör att de når södra Kalmarsund, men att det inte är ett sträck genom hela natten på denna plats.

Flyttningens intensitet är givetvis beroende av många olika faktorer och beror främst på den artspecifika flyttningsberedskapen enligt den års-tidsrelaterade flyttningfenologin (se Berthold 2000 och Alerstam 1990). Flyttningssuppbrottet hos fåglar sker sedan inom en tidsram som omfattar några dagar, då fåglarna framför allt väntar på lämpliga vindförhållanden (Richardson 1978; medvind och låg vindstyrka). Men även den individuella kroppskonditionen/fettesreserven påverkar den verkliga starttiden (se Sandberg & Åkesson 1999). I slutet av denna tidsram finns dock även en tidpunkt då fåglarna måste bryta upp, oavsett vindförhållanden (Åkesson & Hedenström 2000). Att fåglarna väntar på vissa vind-/väderförhållanden kan leda till en ”flyttningsskö”. Många fåglar väntar när de befinner sig framför ekologiska hinder (som t.ex. öppet hav) på bättre väderförhållanden. När vädret blir bättre börjar en massflyttning och större delen av den totala flyttningen sker under bara några få dagar (se Alerstam & Ulfstrand 1972, 1974a). Efter sådana perioder följer ofta dagar med mycket ringa flyttning (Zehnder m fl. 2001). Under flyttningssäsongen är det därför typiskt att det finns mycket starka fluktuationer i flyttningens intensitet med massflyttningss dagar respektive faser med mycket liten flyttningensaktivitet.

I centrala och norra Europa sker huvudflyttningen på hösten mot SV och på våren mot NO. I synnerhet nordliga populationer eller vissa arter kan i viss omfattning även flytta mot S och SO under hösten (t.ex. lövsångare: Hedenström & Pettersson 1987 och även sädesärlan: Fransson & Pettersson 2001). Flyttningsriktningen är fastställd enligt arten och populationen, fast det kan förekomma starka modifieringar i synnerhet på grund av vindpåverkan. Hos lågt flygande dagflyttare spelar ledstråken en viktig roll. Detta leder t.ex. till tydliga skillnader i de sträckriktningar som observerades synkront genom synobservationer (långt flygande fåglar) och radarobservationer (Alerstam & Ulfstrand 1972). Detta gör att det är helt förväntat att skillnaderna i flyttningens vindar visar på ett relativt varierat mönster i denna studie, som omfattar hela flyttningssäsonger - både vår och höst - med många olika arter inblandade.

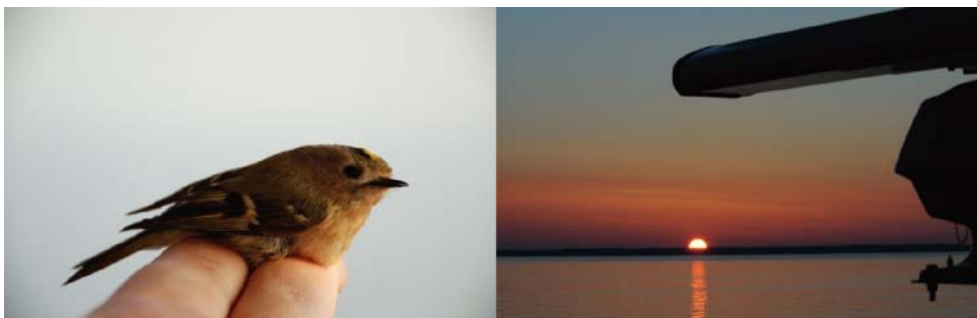


Bild 12 och 13. Kungsfågel tillhör de småfåglar som rastar på fyren Utgrunden efter en flyttningsnatt. Bild 13 visar den horisontella radarantennen i soluppgången.

4.1.5 Flyttningshöjden

Flyttningshöjden varierar i allmänheten mycket och beror på ett stort antal olika faktorer, som t.ex. fågelart, väderförhållanden och landskapsstrukturer. Trots att det saknas mycket kunskap kan man formulera några tumregler (se Alerstam 1990 och Berthold 2000), t.ex. att dagflyttande fåglar vanligtvis flyger lägre än nattflyttande. Troligen är orsaken till detta att synkontakten med markstrukturer saknas på natten, vilket gör att fåglarna undviker lägre luftskikt för att minska risken för kollision (se Bruderer 1997b och Erickson m fl. 2001). Bellrose (1971) I den studien registrerades ingen flyttning under 30 meter t.ex. under flygning med ett ultralätt flygplan under natten. Över södra Tyskland ligger den genomsnittliga flyttningshöjden under dagen på 175 meter och under natten på 450 meter (Bruderer & Liechti 1998). I Schweiz registrerades under dagen att 50 % av flyttningen skedde under 400 meter. Under natten låg detta värde vid 700 meter (vår: Bruderer 1971). Van Gasteren m fl. (2002) använde målförföljningsradar ("Flycatcher") för att utanför Hollands kust mäta den relativa höjdfördelningen och även för att ange exakta kvantitativa värden för fågelflyttningens höjdfördelning till havs. I summan av alla höjdsikt mättes den högsta intensiteten på kvällen och på natten. I synnerhet under natten var den fördelad i de högre luftskikten. Det fanns dock även i de lägsta skikten en fördelningstopp av en storlek som kan jämföras med dagsvärden. På morgonen och under dagen mättes mycket höga fågeltätheter uteslutande i de lägre regionerna (0–200meter). Den här målförföljningsradarn gör det också möjligt att bestämma artgrupperna på grundval av vingslagsfrekvens.

Nattmätningarna visar att trutar, måsar och tärnor flyger nästan uteslutande i de nedre 100 m, medan större sjöfåglar visar en jämn fördelning upp till 500 meter. Större sångfåglar verkar däremot välja specifika höjdsikt. De flög i större antal antingen mycket lågt eller i ett höjdsikt mellan ungefär 200 och 300 meter.

4.1.6 Olika faktorer som påverkar flyghöjd

Vid motvind flyger fåglar huvudsakligen lägre än vid medvind (Alerstam 1978, 1990, Bruderer 1997b, Dirksen m fl. 1998, Liechti m fl. 2000, Kryger & Garthe 2001).

Vilken höjd som är lämpligast vid ett visst tillfälle med hänsyn till atmosfäriska förhållanden vet fåglarna troligen genom stigande och fallande sökflygningar under flyttningen. Att fåglarna flyger lägre vid motvind hänger kanske ihop med att vindstyrkan brukar stiga med ökande höjder. Genom att anpassa flyghöjden till vindförhållanden kan flyghastigheten kraftigt ökas och energiförbrukningen starkt minskas (Liechti m fl. 2000). I synnerhet hos sjöfåglar finns ett tydligt samband mellan vind och flyghöjd (Kryger & Garthe 2001, Kahlert m fl. 2004 och Fox m fl. 2006 och Petersen m fl. 2006). Vid motvind flyger lommar och havsänder (ejder, sjöorre) ofta mycket lågt över vattnet (under 1,5 meter), vid medvind stiger däremot flyghöjden. Denna effekt förstärks tydligt vid ökande vindhastigheter. Tärnor föredrar vid motvind regionen upp till 12 m, vid medvind flyger de däremot betydligt högre (upp till 25 m; Kryger & Garthe 2001).

Fåglar undviker att flyga genom moln. Därför håller de sig i förhållande till molnhöjd antingen under molnen eller ovanför.

4.2 Diskussion kring resultaten

4.2.1 Dimma och rastande småfåglar till havs

Den tidigare Kalmarsundstudien 1999–2003 visar att sjöfågelsträcket nästan uteblir om dimma förekommer dagtid (Pettersson 2005), men den här studien då tre höstnätter med dimma undersökts visade att när låg dimma förekommer (upp till 100 meter) fortsätter sträcket. Men två av tre nätter visade på att de flög ännu högre när dimman uppträdde, trots att de redan flög flera hundra meter ovan den flyghöjd de i medeltal har. Det material som sammanställts av rastande småfåglar vid Utgrunden (se tabell 1 och 3) visar ett klart förhöjt antal rastande småfåglar efter goda sträcknätter men knappast en kraftig ökning. Maxantalet är 18 småfåglar. Det högsta antalet rastande småfåglar noterades dock under dimmiga morgnar efter nätter med sträck och som mest noterades 19 rastande småfågelindivider en sådan morgon. Från Nordsjön beskrivs masslandning av nattsträckande småfåglar. Detta kan innebära stora problem med vindkraftverk till havs genom ökad kollisionsrisk (Hyppop m fl. 2006, se även Exo m fl. 2003). Sådana fenomen gäller främst småfåglar, som har en hög reproduktionsförmåga och därmed kan reparera stora bortfall snabbare än större fåglar, som har en låg reproduktionsförmåga. Populationer kan dock påverkas negativt även vid lokala bortfall (se Drewitt & Langston 2006 och Drewitt & Langston 2008). Inget sådant fenomen har konstaterats vid Kalmarsund i denna studie. Allt tyder på att när de registrerade flyttande småfågeln startar intill detta område på Öland eller fastlandet är det i början av sträcket och att de då skulle möta dåligt väder är mer osannolikt eftersom de i ett sådant fall sannolikt inte startar sin nattflyttning.

Landningar av nattsträckande fåglar förekommer med en viss regelbundenhet när flygningar sker över hav, men det tycks vara när nattsträcket möter dåligt-väder i form av lågtryck med låga moln och regn/dis/dimma som sådan masslandning sker. (Hyppop m fl. 2006). Småfåglaerna startar sin nattflygning i bra väder och kan möta detta fenomen. Det är inte alls det fenomen som denna studie dokumenterat i Kalmarsund med låg dimma, som bildas under natten och som småfåglaerna tycks flyga över.

Risken för att sådana stopp i flyttningen och masslandning av flyttande småfåglar ska uppträda i Kalmarsund, då vi nästan bara berörs av nattflyttande småfågel strax efter starten av nattflyttningen, måste dock vara liten, men givetvis finns problemet. I Sveriges Ornitologiska Förenings policy för vindkraft till havs målas detta fenomen upp som ett allvarligt stort hot mot flyttfåglaerna (SOF 2009). Hur pass vanligt är då ett kraftigt stopp i flyttningen i Kalmarsundsområdet? Det kan vi bara anta genom att jämföra med närliggande Ottenby (den platsen har hav nästan runt om vilket gör att platsen sannolikt är mer berörd av ett sådant fenomen). Där har någon form av masslandningsfenomen uppträtt i medeltal ca 1–3 nätter under en femårsperiod. Omfattningen är givetvis varierande och det förekommer främst på höstarna, då flyttande fåglar kommer regelbundet från andra sidan av Östersjön till Ottenby (se stycket ”Fyrnatt” i Engström 1988). Dessa uppgifter är baserade på erfarenheter från mina 28 år vid Ottenby fågelstation på södra Öland och är inga direkta forskningsresultat.

Vad händer då ute till havs vid vindkraftverken vid en sådan masslandning? Det är sannolikt stora mängder småfågel som försöker landa på vindkraftverken (jag har själv upplevt det på mindre fartyg på Östersjön, och då satt det ungefär en fågel per dm på båten). Fåglaerna flyger då sannolikt runt kring vindkraftverken och en del riskerar att kollidera med rotorbladen. De flesta kolliderar sannolikt inte och dessa småfåglar kan stanna på verket tills det blir ljust och flyga runt omkring verken, vilket dock ytterligare ökar risken för kollisioner. Ett sådant fenomen är dock begränsat i tidsomfång och kollisionsrisken borde kunna minskas genom att låta verken stå stilla just sådana nätter och dagar.

Att förutsäga fenomenet, som kan vara förödande för ett stort antal fågelindivider, borde sannolikt gå mycket bra att göra med hjälp av väderdata i kombination med flyttningkunskap. Det kan knappast röra sig om fler än i medeltal två till fyra dagar per år som verken skulle behöva stå stilla.

4.2.2 Svar på frågor kring resultaten

Mot bakgrund av vad vi vet om olika faktorer som påverkar fågelsträckens intensitet, flyghöjder och när de uppträder, ska man se svaren på de frågor som sattes upp inför denna studie.

Vilka flyghöjder använder sjöfågarna under sin flyttning över öppet hav och under natten samt i nedsatt sikt?

Sjöfågarna flyger klart högre på natten ute i Kalmarsund (i medeltal på 156 meters höjd på hösten och på i medeltal 106 meter på våren) än på dagen (då flyghöjden i medeltal är 17 meter på hösten och 24 meter på våren), (Pettersson 2005). De flyger ytterligare högre i dimma om den förekommer på natten och då på hela 240 meter i medeltal över havet (bara konstaterat på hösten).

I studierna dagtid höstarna 1999–2003 (Pettersson 2005) noterades 603 sjöfågelflockar (mest ejder) på en medelflyghöjd på 17,2 meter över havet (SD 5,1 meter). Denna studie nattetid under höstnätter med god sikt visar (både flockar under för- och efternatt) 328 sjöfågelflockar på flyghöjder på i medeltal 156,2 meter (SD20,3 meter) över havet. Sjöfåglar flyger alltså hela 140 meter högre på natten än vad de gör dagtid på hösten, vilket är klart statistiskt säkerställt, X²-test = 10,4 df=1, p<0,01.

I studierna dagtid vårarna 1999–2003 (Pettersson 2005) noterades 156 sjöfågelflockar (mest ejder) på en medelflyghöjd på 24 meter över havet (SD 8 meter). Denna studie nattetid under vårnätter med god sikt visar (både flockar under för- och efternatt) 294 sjöfågelflockar på flyghöjder på i medeltal 106,2 meter (SD40, 1 meter) över havet. Sjöfåglar flyger alltså hela 84 meter högre på natten än vad de gör dagtid under vårarna, vilket är klart statistiskt säkerställt, X²-test=9, 6 df=1, p<0,05.

Under nätter med nedsatt sikt som dimma konstaterades (under hösten, inga vårnätter med dimma och sträck förekom) medelflyghöjden för 26 sjöfågelflockar på i medeltal 240,6 meters höjd över havet (SD 55 meter). Sjöfåglar flyger alltså ännu högre när det är dimma och natt än under nätter utan dimma (84,4 meter högre under nätter med dimma vilket är statistisk säkerställt, X²-test=9,5 df=1, p<0,05).

Hur högt flyger småfåglar ute över havet på natten och i nedsatt sikt?

Småfågarna flyger klart högre under vårnätter i Kalmarsund än under höstnätter, 200 meter högre (529 meters medelflyghöjd på våren och 330 meter medelflyghöjd för hösten). De tycks flyga lite högre i dimma om den förekommer på natten och då på 343 meter i medeltal över havet mot 330 meters flyghöjd då det är god sikt (bara konstaterat på hösten och det är inte en statistiskt säker skillnad). På höstarna flyger de i medeltal på 330 meters flyghöjd på natten mot ca 35 meter dagtid (finns insamlat på dagsträck i denna studie) och 529 meters flyghöjd under vårnätterna mot 50 meter (finns insamlat på dagsträck i denna studie) under dagtid.

Denna studie på höstar under nätter med god sikt visar (både flockar under för- och efternatt) 2 727 småfågelekon eller flockar på flyghöjder på i medeltal 329,9 meter (SD42,2 meter) över havet. Under nätter med nedsatt sikt som

dimma konstaterades (under hösten, inga vårnätter med dimma och sträck förekom) medelflyghöjden för 689 småfågelekon eller flockar på i medeltal 343 meters höjd över havet (SD 46 meter). Småfåglar flyger alltså i medeltal 13 meter högre på nätter med dimma än de utan, vilket dock inte går att säkert skilja statistiskt, X2-test= 7,3 df=1, p<0,05.

Denna studie under vårnätter med god sikt visar (både ekon och flockar under för- och efternatt) 1014 småfågelekon eller flockar på flyghöjder på i medeltal 529,1 meter (SD68,2 meter) över havet. Småfåglar flyger alltså hela 200 meter högre på vårnätterna än vad de gör på höstnätterna, vilket är klart statistiskt säkerställt, X2-test= 8,3 df=1, p<0,05.

Hur reagerar både sjöfåglar och småfåglar under nedsatta siktförhållanden när de kommer i närheten av havsbaserade vindkraftverk?

Under nätter med god sikt väjer sjöfåglarna för Utgrundens vindkraftverk på ett medelaavstånd på 570 meter från verken och i dimma och natt på i medeltal 500 meters avstånd. Detta skiljer sig dock klart från väjningsavståndet dagtid som är 1–3 kilometer från verken. Att bara 0,1–0,5 % av sjöfågelflockarna konstaterades flyga mellan de sju vindkraftverken på Utgrunden dagtid (avstånden mellan verken är ca 400) och att hela 5 % sågs göra så nätter utan dimma och hela 9 % under nätter med dimma kan däremot tyda på större kollisionsrisk på nätterna än dagtid.

Denna studie visar att under höstnätter flyger i medeltal 17 % av småfåglarna på lägre höjder än 150 meter och under vårnätter är det i medeltal 8 % som flyger så lågt ute över havet och detta utgör en kollisionsrisk att räkna med. Småfåglar kunde dock också konstateras flyga två av tre nätter på en högre höjd över havet nätter med dimma och därmed flög de klart ovan den ca hundra meter höga dimman.

Följningar av hur sjöfåglar flyger när de passerar vindkraftverken visar att de under dagtid väjer och flyger vid sidan om verken. Väjningen sker redan på ett avstånd mellan 1–3 kilometer från verken (Pettersson 2005 och se även Fox m fl. 2006). Denna studie visar att sjöfågelflockarna i god sikt under nattmörkret väjer för vindkraftverken i medeltal på ett avstånd av 570 meter från verken (med SD 44 meter). Under de tre dimnätterna under hösten som studien omfattar med sträck är väjningsmedelvärde 500 meter (med SD55 meter). Av de flockar som kunde följas flög 5 % under nätter med god sikt mellan områdets sju vindkraftverk medan dimmiga nätter flög 9 % av flockarna mellan verken. Detta indikerar också att sjöfåglar flyger närmare in på verken när sikten inte är så god. Värt att notera är att av sjöfåglarna som följdes i dimma flög nästan samtliga ovan dimman samt med en något lägre flyghastighet 43 km/h (SD 6,2 km/h) mot 65 km/h (SD 7,8 km/h) under nätter utan dimma (dock inte på statistiskt säker nivå då stor variation förekom, X2-test=5,2 df=1, p<0,1) än nätter med god sikt. Den allmänna flyghöjden för sjöfåglar under natten leder dock inte till slutsatsen att de bara flyger över de 100 meter

höga vindkraftverken på Utgrunden och inte heller de nu mer vanligen förekommande vindkraftverken som når upp till 150 meter höjd. Hela 50 % eller på våren hela 88 % av sjöfågelflockarna flög under 150 meters höjd på natten i denna studie och de måste sannolikt väja eller flyga över dessa verk för att inte direkt riskera kollisioner.

Småfåglars nattflyttning har varit svår att följa i denna studie eftersom det av tekniska skäl inte gått att följa dem längre bort än 1500 meter och det närmaste vindkraftverket ligger 2600 meter bort från fyren (detta då inga nya vindkraftverk byggts närmare vilket var planerat).

Natten 10–11 april 2006 observerades ett intensivt trast- eller staresträck över sundet och småfågelekon noterades ut till 3500 meter från radarn. Här har en sammanställning av flyghöjder gjorts som pekar på att de småfåglar som i medeltal flyger på ca 450–500 meters höjd inte stiger till högre höjder över dessa vindkraftverk utan de passerar utan att reagera för verken.

För småfåglars nattflyttning i nedsatt sikt finns inga värden, men då småfåglar i allmänhet flög ytterligare högre under 2 av 3 nätter är det rimligt att anta att de inte ligger i närheten av kollisionkurs. Då spridningen av småfåglars flyghöjder på natten är så stor som mellan 10–1350 meter i denna studie och att en viss andel av sträcket förekommer under 150 meters höjd som är den idag vanliga rotorhöjden innebär att 17 % av sträcket under hösten samt 8 % under våren flyger i höjd med vindkraftverkens rotor.



Bild 14. En tät ljungpipareflock flög nära Utgrundens fyr den 18 oktober 2008 kl 08:10.

4.2.3 Kollisionsrisken för sjöfåglar och småfåglar

Att sjöfåglarna flyger på en högre höjd på natten än under dagen i Kalmarsund fastläggs i denna studie (medelflyghöjden 17 meter mot 156 på hösten och 24 mot 106 på våren).

Konstaterade flyghöjder för sjöfåglarna vid Utgrunden på natten som denna studie redovisar ger inte upphov till något behov av att revidera de beräkningar av kollisionsrisken för sjöfåglar vid havsbaserade vindkraftverk som tidigare gjorts (se Pettersson 2005, Chamberlain m fl. 2006 Fox m fl. 2006 och Petersen m fl. 2006), då de fortfarande i medeltal flyger i rotorhöjd (den vanligaste höjden rotorn når på vindkraftverk 150 meter eller lägre). Att natt-

sträcket av sjöfågel inte i någon större mån flyger över vindkraftverken gör att de måste väja, vilket är beaktat i tidigare studiers beräkningar och har här bara bekräftats. Att de väjer närmare vindkraftverken under natten, på ett avstånd av i medeltal 570 meter och på 500 meter under nätter med dimma, gör inte kollisionsrisken större då de på dagen väjer redan 1–3 kilometer från vindkraftverken.

Att bara 0,1–0,5 % av sjöfågelflockarna konstaterades flyga mellan (avståndet mellan verken är ca 400 meter) de sju vindkraftverken på Utgrunden dagtid (Pettersson 2005) och att hela 5 % sågs göra så på nätter utan dimma och hela 9 % nätter med dimma, kan däremot tyda på större kollisionsrisk på nätterna än på dagtid.

I några nyare studier om fåglar och vindkraftverk har man visat på att sjöfåglar och vadare kan vänja sig vid vindkraftverk och flyga nära dem utan att riskera kollisioner (Petersen & Fox 2007 och Madsen & Boertmann 2008) men det gäller rastande fåglar och inte direkt flyttande fåglar som är vanliga i Kalmarsund.

Andelen sjöfåglar av det totala sträcket som flyger på natten tycks inte för dessa studerade vårar och höstar i Kalmarsund vara 20 %, som angivits i tidigare studier (Pettersson 2005). I denna studie utgör de en mindre andel av det totala sträcket, 5–10 % i stället för 20 % eller mer (Alerstam m fl. 1974 b och Pettersson 2005). Detta är dock osäkert då inte alla dagar och nätter täckts med studier och att variationer mellan åren är stora, vilket man kan förvänta. Är det en mindre andel av det totala sträcket som flyger på natten har det dock en viss betydelse och det gör att de tidigare kollisionsberäkningarna inte anger ett för högt antal fåglar som riskerar att kollidera med vindkraftverk under ett dygn. Det är sannolikt ännu färre som riskerar att kollidera med havsbaserade vindkraftverk, eftersom det totalt sett är färre sjöfåglar som flyger om natten.

Att nattflyttningen av småfåglar sker på höga höjder under natten är känt, men fåglars flyghöjder över hav nattetid fanns det inte så mycket kunskap om. Denna studie visar att under normala sträck påverkas inte de flesta nattflyttarna av havsbaserade vindkraftverk (som når som högst 150 meter) i någon större mån. Studien visar att under höstnätter flyger i medeltal 17 % av småfåglarna på lägre höjder än 150 meter och under vårnätter flyger i medeltal 8 % så lågt ute över havet. Detta gör att det finns en kollisionsrisk att räkna med men den är sannolikt liten då småfåglar sannolikt har lättare för att väja än större fåglar för snabbt uppdykande hinder (se nästa text stycke där en uträkning ändå gjorts).

Den annars beskrivna risken förekommer vid så kallad masslandning, vilket inte noteras i denna studie. En viss förekomst av rastande småfåglar noterades dock på fyren Utgrunden, men inga större ansamlingar trots flyttning i dimma på efternatten, men det var en låg dimma. Att de nattflyttande fåglarna passerar låg dimma genom att flyga över den och höjer sin flyghöjd som noterats två av tre nätter i denna studie är en kunskap som är viktig att

beakta och förstå när man ska beskriva påverkan på sträckande fåglar och havsbaserade vindkraftverk.

Kraftiga ansamlingar av rastande småfåglar efter möte med dåligt väder bedöms vara vanligare förekommande vid närliggande Ottenby med hav nästan runt om. De här studerade småfågelrörelserna startar antagligen på endera sidorna av Kalmarsund och fåglarna riskerar inte att möta något oväntat oväder i sundet, i alla fall inte så nära efter starten.

4.2.4 Storleken på kollisionsrisken

Kollisionsrisken för sjöfåglar i Kalmarsund beräknades i en tidigare studie (Pettersson 2005) till att (en vår och en höst) omfatta sammanlagt ca 10–12 sjöfåglar per år vid de sju vindkraftverken på Utgrunden och de fem på Yttre Stengrund. I dessa områden passerar ca en halv miljon sjöfåglar på våren och upp mot en hel miljon sjöfåglar på hösten (Pettersson 2005). Det finns alltså inga större skäl till att revidera den kunskapen efter denna rapportens framläggande.

För småfåglarna är flyttningensintensiteten (antar att ett eko är en småfågel vilket i alla lägen inte är sant utan säkert flera fåglar ibland) på hösten 1840 småfåglar/h/km och på våren 355 småfåglar/h/km. Vindkraftverken på Utgrunden står på en sträcka av ca två km, så det är två sådana sträckor som ska beräknas och ca 6 timmar per natt (bara förnatten) av sträcket samt ca 20 sådana sträckdagar (såväl vår som höst) och att vindkraftverken bara är 100 meter höga i högsta rotorhöjd. Detta gör att 11 % av småfåglarna flyger lägre än högsta rotorhöjd på hösten och 5 % under våren. Det blir uträknat för hösten $1840 \times 2 \times 6 \times 20 = 441\ 600$ småfåglar som skulle flyga över vindkraftverksområdet. 11 % av dessa flyger alltså lägre än rotorhöjd = 48 576 stycken. Om de flyger helt utspritt i detta område (se Pettersson 2005 uträkning) skulle 14 % av småfåglarna beröras. Det blir ca 6 800 småfåglar som flyger genom vindkraftsparken där verken står med 400 meters lucka och med en rotordiameter på 70 meter. Räknar vi högt för småfåglar och tar det dubbla antalet (var 450:e riskerar att förolyckas) som flyger genom området mot det som gäller för kungsörn (var 225:e sådan flygning riskerar en örn att förolyckas, Hunt & Hunt 2006) skulle det bli femton småfåglar per höst som riskeras att förolyckas vid Utgrundens vindkraftspark.

Det blir uträknat för våren $355 \times 2 \times 6 \times 20 = 85\ 200$ småfåglar, som skulle flyga över vindkraftsparken och 5 % av dessa lägre än rotorhöjd = 4260 stycken. Om de flyger helt utspritt i detta område (se Pettersson 2005 uträkning) skulle 14 % av dessa flyga i rotorhöjd. Räknar vi högt för småfåglar också på våren och tar det dubbla antalet (var 450 riskeras att förolyckas) som flyger genom vindkraftsparken mot det som gäller för kungsörn (var 225 sådan flygning riskeras en örn att förolyckas, Hunt & Hunt 2006) skulle det bli en småfågel per vår som riskeras att förolyckas vid Utgrundens vindkraftspark. Under ett år skulle de sju vindkraftverken i parken kunna orsaka att 16 nattflyttande småfåglar förolyckas av de totalt ca en halv miljon småfåg-

lar, som passerar just detta område. Vid alla sådana här uträkningar är det alltid en rad antaganden som knappast gäller, exempelvis att de inte väjer för verken, utan flyger rakt fram (sjöfåglarna väjer ju till 98–99 % vid möten med vindkraftverk och sannolikt gör också småfåglarna det). Det är ett värsta scenario som målas upp men det ger ändå ett mått på de något rimliga antaganden som tagits fram och bör därmed visa på den ungefärliga storleken på vilka dödstal det är fråga om.

4.2.5 Flyttningsnätter

Resultaten i denna studie visar med all tydlighet att både småfåglar och sjöfåglar väljer att flytta under nätter med relativt svaga medvindar (lägre än 4–5 m/s), vilket både gäller vår och höst. Man kan med relativ god träffsäkerhet förutsäga vilka nätter flyttningar kommer att ske om bra lokala väderuppgifterna finns tillgängliga. För att minska kollisionsrisken skulle vindkraftverk som placerats vid ett fågelflyttningsstråk (som Kalmarsund) kunna stängas av sådana nätter, så att risken att kollidera blir ännu mindre.

5. Slutsatser

- Sjöfåglar flyger klart högre på natten ute i Kalmarsund än på dagen men ändå i rotorhöjder. De flyger ytterligare högre i dimma (över den) om den förekommer på efternatten.
- Småfåglar flyger klart högre på natten ute i Kalmarsund än på dagen. De flyger ytterligare högre i dimma (över den) om den förekommer på efternatten. De flyger på högre höjder under våren än under hösten.
- De flesta småfåglar flyger högre än vad rotorn på vindkraftverken når upp till (150 meter), men då spridningen i flyghöjder är stor visar värdena att 17 % av småfågeln flyger lägre än 150 meter på hösten, medan det är 8 % under våren och det är de som riskerar att kollidera.
- Nätter med god sikt väjer sjöfåglar för Utgrundens vindkraftverk på ett medelavstånd på 570 meter från verken och i dimma och natt på i medeltal 500 meter från verken, vilket dock är klart skilt från det för dagtid angivna värdet 1–3 kilometer före verken.
- Både för små- och sjöfåglar kunde konstateras att de två av tre nätter flög på en högre höjd över havet under nätter med dimma och därmed flög de klart ovan den ca hundra meter höga dimman.
- Studien visar att det är en del (trots allt få) småfåglar som rastar efter en flyttningsnatt och det är flest efter en flyttningsnatt då det är dimma på morgonen men även då är det trots allt endast ett fåtal småfåglar ute vid Utgrundens.
- Resultaten i denna studie visar med all tydlighet att både småfåglar och sjöfåglar väljer att flytta under nätter med relativt svaga medvindar (lägre än 4–5 m/s) vilket gäller både vår och höst.
- En grov uträkning av de nattflyttande småfågelnas kollisionsrisk på Utgrundens sju idag befintliga vindkraftverk ger resultatet att under ett år riskerar 16 av de nattflyttande småfågeln att förolyckas. Totalt antal småfåglar som årligen passerar just det området är ca 500 000.



Bild 15. Båten Svea som Tommy Ternström körde och som hämtat och lämnat författaren under dessa totalt nästan 85 dygn, som författaren tillbringat på fyren Utgrunden sedan 2005.

6. Tack

Tack Martin Green vid Lunds Universitet för bra diskussioner. Även om vi inte varit överens har det varit givande för detta projekt. Tack Carl Gustaf Thulin för en granskning av ett tidigt manus, daterat 4:e maj 2010 och många givande och bra förslag till ändringar och synpunkter. Tack Tommy Ternström för säkra och lyckade båttransporter samt Börje Eriksson för bra samarbete med allt praktiskt arbete på fyren. Tack Mickael Jakobsson för att du byggde om och hade hand om fyren från första början av denna studie. Furunos Göteborgskontor och dess personal tackas för all service och samarbete med att lösa alla problem kring att ställa radarantennen på ända.

7. Referenser

Ahlén, I., Bach, L., Baagoe, H.J & Pettersson, J. 2007. Fladdermöss och havsbaserade vindkraftverk studerade i södra Skandinavien. Naturvårdsverket Rapport 5748.

Alerstam, T.1978. Analysis and a theory of visible bird migration. *Oikos* 30: 273–349.

Alerstam, T. 1990. Bird migration. CambridgeUniversity Press.

Alerstam, T., Bauer, C-A.&Roos, G. 1974a. Fält- och radarstudier av Östersjöejdrarnas *Somateria mollissima* vårsträck. *Vår Fågelvärld* 33: 15–27.

Alerstam, T., Bauer, C-A.&Roos, G. 1974b. Spring migration of Eiders *Somateria mollissima* in southern Scabndinavia. *Ibis* 116: 194–210.

Alerstam, T. & S. Ulfstrand. 1972. Radar and field observation of diurnal bird migration in SouthSweden, Autumn 1971. *Ornis Scand.* 3: 99–139.

Alerstam, T. & S. Ulfstrand1974a. A radar study of the autumn migration of wood pigeons *Columba palumbus* in southern scandinavia. *Ibis* 116: 522–542.

Alerstam, T. & S. Ulfstrand1974b. A radar study of winter bird movements in southern Scandinavia. *Ornis Scand.* 5: 13–23.

Bellrose, F.C.1971. The distribution of nocturnal migrants in the air. *Auk* 88: 397–424. Berthold, P.2000. Vogelzug – Eine aktuelle Gesamtübersicht. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.

Bruderer, B.1971. Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im schweizerischen Mittelland. *Ornithol. Beob.* 68: 89–158.

Bruderer, B.1997a. The study of bird migration by radar. Part 1: The Technical Basis. *Naturwissenschaften* 84:1–8.

Bruderer, B.1997b. The study of bird migration by radar. Part 2: Major Achievements. *Naturwissenschaften* 84: 45–54.

Bruderer, B. & F. Liechti1998. Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst über Südwestdeutschland. *Ornithol. Beob.* 95: 113–128.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & L. Thomas 2001. Introduction to Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford.

Buurma, L. 1995. Long-range surveillance radars as indicators of bird numbers aloft. *Israel Journal of Zoology* 41: 221–236.

Chamberlain, D.E., Refish, M.R., Fox, A.D., Desholm, M. & S.J. Anthony. 2006. The effect of avoidance rates on bird mortality predictions made by wind turbine collision models. *Ibis*, 148: 198–202.

Desholm, M. and Kahlert, J. 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biology letters* doi:10.1098/rs bl. 2005.0336.

Dirksen, S., Spaans, A., Van Der Wingen, J. & M. J. Van Den Berg 1998. Nachtelijke Vliegpatronen en vlieghoogtes van duikeenden in het IJsselmeergebied. *Limosa* 71: 57–68.

Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. (2006) Assessing the impacts of wind farms on birds. – *Ibis* 148, Supplement: 29–42.

Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. (2008) Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. – *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 233–266.

Eastwood, E. 1967. Radar ornithology. Methuen, London.

Engström, B. (red.) 1988. Ölands södra udde – klassisk fågelmark. Ottenby fågelstation Uppsala.

Erickson, W. P., Johnson, G. D., Strickland, M. D., Young Jr., D. P., Sernka, K. J. & Good, R. E. 2001. Avian collisions with wind turbines: A summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. National Wind Coordinating Committee (NWCC) Resource Document. Western Ecosystems Technology Inc.

Exo, K-M., Hüppop & Garthe, S. 2003. Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology. *Wader Study Group Bull.* 100: 50–53.

Fransson, T. & J. Pettersson 2001. Svensk ringmärkningsatlas. Vol. 1. Stockholm.

Fortin, D., Liechti, F. & B. Bruderer 1999. Variation in the nocturnal flight behaviour of Migratory birds along the northwest coast of the Mediterranean Sea. *Ibis* 141: 480–488.

- Fox, T., Christensen, T.K., Desholm, M, Kahlert, J. and Petersen, I.K. 2006. Birds Avoidance responses and displacement. In: Danish Offshore Wind. Key environmental issues. Printed of Obaek-Hedenhusende. 94–111.
- Green, M. & Nilsson, L. 2006. Fågelförekomsten vid Lillgrund, Södra Öresund 2001–2006. En förstudie inför etablering av vindkraft till havs. Report from the Department of Animal Ecology. University of Lund. Lund. Sweden.
- Harmata, A.R., Podruzny, K.M., Zelenak, J.R. & M.L. Morrison 1999. Using marine surveillanceradar to study bird movements and impact assessment. Wildlife Soc. Bull. 27:44–52.
- Hedenström, A. & J. Pettersson 1987. Migration routes and wintering areas of Willow Warblers *Phylloscopus trochilus* (L.) ringed in Fennoscandia. Ornis Fennica 64: 137–143.
- Hyppop, O., Dierschke, J., Exo, K.M., Friedrich, E. & R. Hill. 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. Ibis 148: 90–109.
- Hunt, G. & Hunt, T. 2006. The trend of golden eagle territory occupancy in the vicinity of the Altamont Pass wind resource area: 2005 Survey. California Energy.
- Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. CEC-500-2006-056. IfAÖ2004. Fachgutachten Vogelzug zum Offshore-Windparkprojekt Kriegers Flak Schweden. Projektträger: Sweden Offshore Wind AB, Betrachtungszeitraum: April 2002 bis März 2004, Institut für angewandte Ökologie, Forschungsgesellschaft mbH Neu Broderstorf. -156 pp.
- Jellmann, J. 1989. Radarmessungen zur Höhe des nächtlichen Vogelzuges über Nordwestdeutschland im Frühjahr und Hochsommer. Vogelwarte 35: 59–63.
- Kahlert, J., Petersen, I.K., Fox, A.D., Desholm, M. and I. Clausager. 2004. Investigations of birds during construction and operation of Nysted offshore wind farm at Rösands. Annual status report 2003. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment. – 82 sidor.
- Kryger, T. & S. Garthe 2001. Flight altitude of coastal birds in relation to wind direction and speed. Atlantic Seabirds 3: 203–216.
- Liechti, F., Klaassen, M. & B. Bruderer 2000. Predicting migratory flight altitudes by physiological migration models. The Auk 117: 205–214.

Madsen, J. & Boertmann, D. (2008) Animal behavioural adaptation to changing landscapes: spring-staging geese habituate to wind farms. – *Landscape Ecology* 23: 1007–1011.

Naturvårdsverket 2001. Vindkraft till havs – en litteraturstudie av påverkan på djur och växter. Rapport 5139 Naturvårdsverket, Stockholm, 55 pp.

Petersen, I.K., Christensen, T.K., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox A.D. (2006) Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns rev, Denmark. – Danmarks Miljøundersøgelser (NERI), København (rapport beställd av DONG Energy och Vattenfall A/S).

Petersen, I.K. & Fox A.D. (2007) Changes in bird habitat utilisation around the Horns Rev 1 offshore wind farm, with particular emphasis on Common Scoter. – Danmarks Miljøundersøgelser (NERI), Århus (rapport beställd av DONG Energy och Vattenfall A/S). Pettersson, J. 2005. Havsbaseerade vindkraftverks inverkan på fågellivet i södra Kalmarsund. Studier 1999 – 2003. En rapport i samarbete med Statens Energimyndighet och Ekologiska Institutionen vid Lunds Universitet. Rapport 2005 – 125 sidor.

Pettersson, J. 2006. Flyttande små- och sjöfåglar - en förstudie med lokalradar i Kalmarsund. Naturvårdsverket Rapport 5568.

Ridhardson, W.J. 1978. Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos* 30: 224–274.

Sandberg, R. & S. Åkesson 1999. Behavioural ecology of migratory orientation. In: Adams, N.J. & Slotow, R.H. (eds) *Proc. 22 Int. Ornithol. Congr.*, Durban: 1005–1016. Johannesburg BirdLifeSouth Africa.

SOF 2009. Sveriges Ornitologiska Förening – Policy om vindkraft. 19 oktober 2009.

Van Gasteren, H., Van Belle, J. & L. Buurma 2002. Kwantificering von vogelbewegingen langs dekust bij Ijmuiden: een radarstudie. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Noordzee.

Zehnder, S., Åkesson, S., Liechti, F. & B. Bruderer, B. 2002. Observation of free-flying nocturnal migrants at Falsterbo: occurrence of reverse flight directions in autumn. *Avian Science* 2:103–113.

Zehnder, S., Åkesson, S., Liechti, F. & B. Bruderer, B. 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. *J. Avian Biol.* 32: 239–248.

Åkesson, S., Alerstam, T. & A. Hedenström 1996. Flight initiation of nocturnal passerine migrants in relation to celestial orientation conditions at twilight. *J. Avian Biol.* 27: 95–102.

Åkesson, S. & A. Hedenström 2000. Wind selectivity of migratory flight departures in birds. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 47: 140–144.

Åkesson, S., Walinder, G., Karlsson, L. & S. Ehnbohm 2001. Reed warbler orientation: initiation of nocturnal migratory flights in relation to visibility of celestial cues at dusk. *Animal Behaviour* 61: 181–189.

Småfåglars och sjöfåglars nattflyttning vid Utgrundens havsbaserade vindkraftpark

en studie med radar i södra Kalmarsund

JAN PETERSSON

Rapporten beskriver sjöfåglars och småfåglars flyghöjder över öppet hav under natten och i dimma samt hur fåglarna under sådana förhållanden reagerar när de närmar sig havsbaserade vindkraftverk.

Resultaten grundar sig på studier med radar som placerats på fyren Utgrunden i södra Kalmarsund.

Forskningsresultaten ger underlag för att bedöma risken för att flyttfåglar ska kollidera med vindkraftverk till havs. Kunskapen kan användas vid planering, miljökonsekvensbeskrivning och tillståndsgivning för vindkraftparker i havet.

RAPPORT 6413

NATURVÅRDSVERKET
ISBN 978-91-620-6413-6
ISSN 0282-7298

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Kunskapsprogrammet Vindval samlar in, bygger upp och sprider fakta om vindkraftens påverkan på den marina miljön, på växter, djur, människor och landskap samt om människors upplevelser av vindkraftanläggningar. Vindval erbjuder medel till forskning inklusive kunskapssammanställningar, synteser kring effekter och upplevelser av vindkraft. Vindval styrs av en programkommitté med representanter från Boverket, Energimyndigheten, länsstyrelserna, Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet och vindkraftbranschen.

