

# Råvildt og forstyrrelser

Faglig rapport fra DMU, nr. 237

Carsten Riis Olesen  
Peter Kappel Theil  
Albert Ernest Coutant  
*Afdeling for Landskabsøkologi*

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser  
Juni 1998

## Datablad

Titel: Råvildt og forstyrrelser

Forfattere: Carsten Riis Olesen, Peter Kappel Theil og Albert Ernest Coutant  
Afdeling: Afdeling for Landskabsøkologi

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 237

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser©  
URL: <http://www.dmu.dk>

Udgivelsestidspunkt: Juni 1998

Redaktion: Kirsten Zaluski og Carsten Riis Olesen  
Faglig kommentering: Tommy Asferg samt Mads Lomholt, Århus Universitet  
Fotos og figurer: Carsten Riis Olesen og Torben Ballegaard

Bedes citeret: Olesen, C.R., Theil, P.K. & Coutant, A.E. (1998): Råvildt og forstyrrelser. Danmarks Miljøundersøgelser. 56 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 237

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

Abstract: Heart rate measuring equipment has been developed, for the purpose of examining the effect of human induced disturbances on free ranging roe deer. The equipment is highly accurate and sensitive due to the use of an inter cardiac implanted pace electrode. A pronounced seasonal variation in heart rate for a range of different behaviours is documented. Mathematical models based on sine functions explain 69 % of the seasonal variations in heart rate. Methods for evaluation of the energetic cost of different types of introduced disturbances are developed. In situations where roe deer take flight, the energy cost of a single disturbance will equal 7-9% of the daily energy consumption for undisturbed animals. Long lasting disturbances as orienteering may raise the daily energy budget with approximately 77%. Habituation is documented for some of the tested types of disturbances, but only seem to reduce energetic cost with approximately 10 %.

Frie emneord: Forstyrrelse, rådyr, puls, biotelemetri, friluftsliv, tilvænnning, energiforbrug, energibalance, adfærd

Redaktionen afsluttet: 12. juni 1998

ISBN: 87-7772-396-1  
ISSN: 0905-815X

Papirkvalitet: 100 g cyclus offset  
Tryk: Phønix-Trykkeriet as, Århus, miljøcertificeret BS 7750  
Sideantal: 56  
Oplag: 800

Pris: kr. 60,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes i boghandelen eller hos: Danmarks Miljøundersøgelser  
Kalø, Grenåvej 14  
DK-8410 Rønede  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 15

Miljøbutikken  
Information og Bøger  
Læderstræde 1  
1201 København K  
Tlf.: 33 37 92 92  
Fax: 33 92 76 90

# **Indhold**

**Forord 5**

**Resumé 6**

**English Summary 9**

**1 Indledning og baggrund 12**

**2 Materialer, metoder og databearbejdning 13**

2.1 Udstyr 13

2.2 Indfangning af rådyr 15

2.3 Operationsteknik 16

2.4 Dataindsamling - uforstyrrede forhold 17

2.5 Dataindsamling - forstyrrelsesforsøg 18

2.6 Måling af vindstyrke 18

2.7 Databearbejdning - generelt 18

2.8 Undersøgelse af antal og fordeling af besøgende i skoven 19

2.9 Vurdering af næringsindhold i fødeplanter 20

**3 Validering af udstyrets funktion 20**

**4 Sæsonvariation i rådyrs aktivitetspuls under uforstyrrede forhold 21**

**5 Individuelle forskelle 23**

**6 Vindstyrkens betydning for rådyrs puls 23**

**7 Rådyrs pulsniveau ved forskellige adfærdstyper 24**

**8 Rådyrs reaktion ved forskellige forstyrrelsestyper - beregning af forstyrrelsesindeks 27**

**9 Varighed og eftervirkning af forstyrrelse 29**

**10 Afstanden og dækningens betydning for dyrenes reaktion på forstyrrelse 29**

**11 Flugtdistancer ved forskellige forstyrrelsestyper 33**

**12 Tilvænnning (habituering) 34**

**13 Orienteringsløb og jagt 38**

**14 Hyppighed og fordeling af besøgende i skoven 40**

**15 Energetiske konsekvenser ved forstyrrelse af rådyr 42**

**16 Diskussion og konklusion 48**

**17 Referencer 52**

**Danmarks Miljøundersøgelser 55**

**Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports 56**

## Forord

Befolkningens stigende interesse for naturnære oplevelser og et aktivt friluftsliv kan føre til forøget slitage af naturen. Formålet med undersøgelsen har derfor været at undersøge, hvordan og hvor meget den menneskelige aktivitet påvirker dyrene i naturen.

Rapporten præsenterer resultater fra studier af rådyrs puls. Dyrenes pulsmønster anvendes som indikator for deres reaktion på en række forskellige forstyrrelsestyper. Der præsenteres desuden beregninger af de energimæssige omkostninger af forstyrrelser og deres relative betydning for dyrene.

Undersøgelsen har modtaget ekstern økonomisk støtte fra Skov- og Naturstyrelsen, Aage V. Jensens fonde samt fra forskningsrådenes programpakke Menneske, Landskab og Biodiversitet.

Overlæge dr. med. Henning Mølgaard og overlæge dr. med. Henning Rud Andersen, Århus Universitetshospital i Skejby, takkes for deres fornemme indsats med hensyn til evaluering af hjertefrekvens og de kirurgiske indgreb på rådyrene. Programmør Per Grønvald takkes for den store hjælp med hensyn til udvikling af software, og skovtekniker Poul Hartmann for feltmæssig assistance. Lektor Anders Holst Andersen, Matematisk Institut, Århus Universitet takkes for værdifuld vejledning med hensyn til det statistiske arbejde.

## Resumé

Med det formål at undersøge betydningen af menneskeskabte forstyrrelser har vi udviklet udstyr til måling af fritlevende rådyrs puls. Udstyret vejer samlet knap 500 g. Et lille implantat og en elektrode indopereres på dyret. Radiosender og batteri bæres i et halsbånd. Seks rådyr har båret udstyret i over et år og har gennemlevet et normalt reproduktionsforløb. Måleudstyret er meget nøjagtigt og fintfølelse og kan registrere enhver menneskeskabt påvirkning, som rådyret udsættes for.

Et rådyrs puls afhænger både af årstiden og dyrets adfærd. I sommerperioden er rådyrenes puls væsentligt forøget. Hvilepulsen er i vinterperioden 66 slag/min, mens den i juni måned er knap 100 slag/min. Denne sæsonafhængighed har kunnet vises og beskrives som en sinusfunktion for både en normal døgnaktivitet og for en række adfærdstyper. Der er således udviklet matematiske modeller, som tillader at beregne den aktuelle puls på en vilkårlig årstid.

Forstyrrelsestyperne cykling på skovvej, person gående uden for skovvej og forstyrrelse med drivende hund (Tysk jagtterrier, 8 kg) blev foretaget på de radiomærkede dyr over en periode på 6 måneder.

Pulsstigning forårsaget af en forstyrrelse er primært afhængig af, om dyret flygter eller bliver stående. For en del af forstyrrelserne fra skovvej, kunne en svag pulsstigning observeres, men dyrene flygtede ikke. I de tilfælde, hvor dyrene flygtede kunne den samlede omkostning ved forstyrrelsen, udtrykt ved antal hjerteslag over hvilepulsen (forstyrrelsesindeks), ikke adskilles fra omkostningerne ved forstyrrelse fra en person som går uden for skovvej. En løs drivende hund medførte derimod en større varighed og styrke af forstyrrelsen (intensitet), hvilket resulterede i den absolut højeste omkostning.

Varigheden af en forstyrrelse er af væsentlig betydning for de samlede energiomkostninger. Adfærdsmønstret ved påvirkninger, hvor dyret flygter, medfører altid, at dyret søger skjul og hviler ud. Varigheden af en forstyrrelse kan derfor opdeles i den periode, hvor dyrets puls er forhøjet, samt den efterfølgende periode, hvor dyret forbliver i dækning og hviler ud. Den efterfølgende hvileperiodes længde er i gennemsnit 1 time og 22 minutter, hvor dyret ikke tager føde til sig.

Betydningen af afstanden mellem forstyrrelseskilden og dyret, samt dækningens betydning, kan illustreres ved grænseværdien for, hvornår et rådyr flygter ved en forstyrrelse fra skovvej. I vinterperioden, hvor der er dårlige dækningsmuligheder flygter dyrene, når afstanden er mindre end 75 m, mens dyrene i sommerperioden, med god dækning, først flygter når afstanden er mindre end 40 m. Der skal ganske voldsomme eller vedvarende forstyrrelser til før et rådyr forlader sit normale aktivitetsområde (home range). Enkeltforstyrrelser med hund, gående uden for skovvej eller cykling på skovvej, fik ikke rådyrene til at flygte ud af deres home range.

Et besøgsantal på 150 skovgæster/ha/år i Hestehave Skov påvirker fordelingen af rådyr således, at de vejnære arealer benyttes væsentligt mindre end arealer, som ligger længere fra skovvejene. Unge nåletræsbevoksninger er meget betydningsfulde som forstyrrelsesfrie områder, hvor dyrene kan søge tilflugt. Især ved meget forstyrrelses-tunge aktiviteter såsom drivjagt og orienteringsløb er udformningen og kvaliteten af forstyrrelsesfrie områder af stor betydning.

For nogle forstyrrelsestyper kan der vises et statistisk sikkert fald i dyrenes reaktion ved gentagne forstyrrelser (tilvænning). Dette må imidlertid ikke lede til den misforståelse, at det vil hjælpe på dyrenes situation, hvis de forstyrres ofte. Dels tyder vore resultater på, at stigende forstyrrelsesintensitet medfører en forlænget beroligelsesfase, dels er hovedomkostningen bundet til dyrets flugt. Beregninger viser, at tilvænning kan reducere energiomkostningerne med ca. 10 %. Tilvænning fjerner altså ikke omkostningen ved forstyrrelse.

Selv ved forstyrrelse med løs hund falder rådyrenes pulsreaktion ved gentagne forstyrrelser. Efter 15 gentagne forstyrrelser nås et tilvænnet niveau, hvor yderligere forstyrrelser ikke reducerer omkostningerne yderligere. En løs drivende hund er stadig den mest omkostningsfulde enkeltforstyrrelse, som er undersøgt. Rådyrene viste ingen tilvænning til forstyrrelser fra gående personer uden for skovvej. Dette skyldes sikkert, at rådyrene i den velbesøgte Hestehave Skov allerede er tilvænnet disse aktiviteter.

Ca. 40 % af cykel-forstyrrelserne fra skovvej gav ikke anledning til pulsstigning - dyrene registrerede ikke cyklen. I 27 % af forsøgene førte påvirkningen til en beskeden pulsstigning og i de resterende 33% flygtede dyret. Når dyret ikke flygter, er pulsstigningen udtryk for emotionel (følelsesmæssig) pulsstigning. Det er netop den emotionelle pulsstigning, som kan reduceres ved tilvænning. Således kunne der vises tilvænning ved cykelforstyrrelser, hvor der var pulsstigning, uden at dyrene flygtede.

Pulsen kan benyttes til at udregne den energi, som rådyret mister ved en forstyrrelse. Hvis rådyrets puls stiger, men dyret bliver stående, når et menneske cykler på en skovvej, er energiomkostningen næsten umålelig. Medfører en forstyrrelse derimod, at rådyret flygter en enkelt gang, svarer omkostningen til 7-9% af det daglige energiforbrug for uforstyrrede dyr. Et orienteringsløb over 6 timer, hvor dyret forstyrres af mange løbere, kræver en ekstra energioptagelse svarende til ca. 77 % af normalforbruget.

For at kompensere for energitabet ved 6 timers forstyrrelse skal rådyret (i juli måned) æde ekstra 2,7 kg føde. Da rådyr maksimalt optager 3-3,5 kg føde per døgn, kan det ikke lade sig gøre at kompensere inden for det samme døgn. Er det nødvendigt at mobilisere eventuelle fedtreserver, kræver 6 timers forstyrrelse ca. 136 g depotfedt. I forhold til et dyr i sin bedste efterårskondition vil energidepoterne være udtømt efter 9-10 dages massive forstyrrelser. Hvis rådyret f.eks. forstyrres med løs hund, eller person uden for skovvej en enkelt gang hver dag, vil depoterne være opbrugt efter ca. 81 dage, forudsat at dyret ikke kan opbygge energidepoter i denne periode.

Da en enkeltstående forstyrrelse med hund eller menneske, som får rådyret til at flygte, betyder, at dyret skal optage omkring 300 g ekstra føde, kan effekten af flere forstyrrelser om dagen hurtigt få konsekvenser for dyrenes kondition og dermed deres reproduktionsmuligheder.

Orienteringsløb kan være en væsentlig omkostning for rådyrene. Effekten på det enkelte dyr kan dog nedsættes betragteligt, hvis der udlægges vildtlommer af god kvalitet og det samme område ikke benyttes for hyppigt.

Drivjagt vil i enkelte tilfælde kunne sammenlignes med orienteringsløb, men normalt bejages kun dele af skoven på den enkelte jagtdag. Vil man bevare en god rådyrbestand bør der, som ved orienteringsløb, friholdes områder med god dækning.

At bevæge sig på cykel eller til fods på en etableret skovvej vil, i de tilfælde hvor afstanden til dyrene er større end flugtafstanden, være uden praktisk betydning for rådyrene.



## English Summary

Heart rate measuring equipment has been developed for the purpose of examining the effect of human induced disturbances on free ranging roe deer. The entire weight of the equipment is just under 500 g.

A small electronic device connected to a pace electrode is implanted in the roe deer. A powerful relay radio transmitter and battery supply for approximately 8 months are carried in a collar. Six roe deer have been carrying the equipment for more than a year. No behavioural abnormalities due to the equipment were observed, and all equipped animals went through a normal reproductive cycle.

The heart rate equipment is very accurate and sensitive. Even in situations where the roe deer does not alter its apparent behaviour due to people approaching, a heart rate response can be recorded

Heart rate changes with season and animal activity. During summer heart rate reaches peak values. The average resting heart rate during winter is 67 beats a minute compared to almost 100 beats a minute in the month of June. This seasonal variation fits a mathematical model based on a sine function. The model is applicable to both an undisturbed daily activity pattern and to a number of specific behaviour types. Thus the models can be used to calculate the heart for any season.

During a six month period, different types of disturbances were examined on radio marked animals, for example bicycling on forest roads, pedestrians outside forest roads (roe deer are not followed) and disturbances with free-roaming dog (German Hunting Terrier, 8 kg).

A rise in heart rate caused by disturbances (disturbance index), primarily depends on whether or not the animal takes flight. For some of the disturbances from forest roads the roe deer did not change their location, but a small rise in heart rate was observed. In situations where the animals did take flight the effect of the disturbance, in terms of the sum of heart beats above the resting heart rate (disturbance index), could not be separated from the effect of pedestrians outside forest roads. An unleashed free-roaming dog caused a more intensive and longer lasting disturbance, resulting in the highest index of disturbance.

The duration of a disturbance has a considerable impact on the energy consumption of an animal. Whenever an animal escapes an approaching person, it will seek cover. The total time over which an animal is influenced by the disturbance can be divided into two periods. The first period (duration of disturbance) is characterised by the physical exercise bound to the escape, covering the period where the heart rate is higher than the resting heart rate. In the second period (duration of rehabilitation) the animal is resting in cover. This period covers the time where the heart rate is at the resting level ( $\pm 2 \times SD$ ).

The average duration of the rehabilitation period is one hour and twenty-two minutes, during which time the animal does not consume any food.

The importance of the distance between the animal and the source of disturbance, as well as the importance of the cover, can be illustrated by the seasonal variation in flight distance threshold for roe deer disturbed from forest roads. In the winter, when it is difficult for the animals to find cover, the threshold distance is approximately 75 m, while in the summer, when the forest floor provides good cover, the threshold decreases to approximately 40 m.

Very strong and continuous disturbances are needed before roe deer will leave their seasonal home range. Isolated disturbances with dogs, pedestrians outside forest roads as well as bicycling on forest roads were not sufficient to elicit this reaction.

150 people/per hectare/per year visiting Hestehave Forest at Kalø Estate (yearly average of 85 people/day), are affecting the distribution of roe deer. Relative to their physical area, the areas close to forest roads are used far less than areas further away from potential disturbance.

New coniferous growths are of great importance as disturbance free areas, where the animals can seek good quality cover. The location and quality of the disturbance free areas are very important, especially regarding activities with a high disturbance density such as driven hunt or orienteering.

Habituation can be shown for some types of disturbances, when the same type of disturbance is repeatedly tested. However, this does not mean that multiple disturbances would be an advantage for the animals. The results show that repeated and long lasting disturbances increase the time taken for the heart rate to return to resting stage. However, the most important cost of disturbance is related to the animals physical movement. Calculations show that habituation may reduce energetic costs with approximately 10 %, but habituation does not eliminate the cost of the disturbance.

Habituation does occur even with repeated disturbances caused by an unleashed dog. A habituated heart rate count is reached after 15 repeated disturbances, even so an unleashed dog still constituted the most significant disturbance activity tested. The roe deer did not show any significant habituation toward pedestrians outside forest roads. This result may be explained by a previous habituation to this kind of activity due to the large number of visitors in Hestehave Forest.

In about 40% of the cases, bicycling on forest roads did not cause any rise in heart rate, the animals did not respond to the bicycle. This response was related to distance and cover. In 27% of the cases a modest rise in heart rate was registered and in the remaining 33% the animal took flight. When the animal does not change position, but still reacts by having a rise in heart rate, this is mainly an emotional

response. These emotional responses are particularly likely to be reduced by habituation. Thus a habituation to disturbances caused by bicycling on forest roads could be shown for the cases where animals did not change their position, but showed a heart rate reaction.

Heart rate may be used to calculate energy loss caused by disturbance. In the case of bicycling on a forest road, not provoking the animals to leave their positions, the energy cost is negligible. In all types of disturbances where the animal runs off, the energy cost of a single disturbance will equal 7-9% of the daily energy consumption for undisturbed animals. Calculations show that disturbance due to six hours orienteering, where the animals are disturbed by many runners, raises the daily energy budget by approximately 77%.

In order to compensate the energy loss caused by a six-hour disturbance, the roe deer will have to eat extra 2.7 kg of an average food composition during July. A roe deer normally collects 3-3.5 kg of food per day, and it is therefore impossible to compensate the energetic loss within the same day. If it is necessary to mobilise fat deposits, a six-hour disturbance will need about 136 g of deposit fat. For an animal with maximum physical fitness (in autumn) the energy deposits will be depleted after 9-10 days of heavy disturbance. If the roe deer is disturbed by an unleashed dog or a pedestrian outside forest roads once a day, the fat deposits will be depleted after approximately 81 days, provided that the animal has not been able to build up energy reserves during the period.

Because an isolated disturbance caused by a dog or a person, which makes the roe deer take flight, means that the animal has to collect 300 g of extra food, the effect of several disturbances a day may affect the animals physical fitness and thereby chances of reproduction.

The impact of orienteering on each animal could be reduced considerably by designating out areas of good quality cover and keeping them free of disturbance. Disturbances due to driven hunts may be comparable to the effects of orienteering, but normally only parts of the forest are used for this kind of activity. As for well managed orienteering, well managed hunting areas must respect the need to designate areas where roe deer are able to seek cover, in order to reduce the induced energy loss.

Bicycling and people passing by on foot at distances above the threshold distances will have no actual effect on the roe deer.

# 1 Indledning og baggrund

Med støtte fra Skov- og Naturstyrelsen, Aage V. Jensens Fonde samt forskningsrådenes programpakke Menneske, Landskab og Biodiversitet, har Danmarks Miljøundersøgelser foretaget en undersøgelse med det formål at vurdere, hvad menneskeskabte forstyrrelser betyder for råvildt.

Baggrunden for undersøgelsen er blandt andet, at turistaktiviteten i Danmark forøges, at befolkningens fritid øges, og at der i højere grad end tidligere lægges vægt på et aktivt friluftsliv med naturnære oplevelser. Af denne årsag er der stigende forvaltningsmæssig interesse for at vide, hvordan menneskelig aktivitet påvirker dyrene i naturen.

Rådyret er valgt som studieart, idet det er ét af de hyppigst forekommende større pattedyr i Danmark. Råvildtet er på ingen måder truet i Danmark. De seneste 10-20 år er bestanden steget jævnt (Madsen m.fl. 1997). Samtidig er rådyret af stor rekreativ interesse for alle, der udøver såvel konsumerende- (jagt) som ikke-konsumerende rekreative aktiviteter (Koch & Jensen 1988).

Det er ikke formålet med denne undersøgelse at begrænse befolkningens adgang til skovene, men at danne grundlag for, at flest mulige kan få størst mulig naturoplevelse uden at være til gene for dyrelivet.

Tidligere undersøgelser af rådyrenes reaktion på forstyrrelse har beskæftiget sig med dyrenes umiddelbare adfærd (Jeppesen 1987a&b). De har f.eks. dokumenteret dyrenes flugtreaktion ved forskellige forstyrrelser. Det er imidlertid vanskeligt at drage forvaltningsmæssige konklusioner ud fra observationerne. Måske er det bare sundt for rådyrene at få sig rørt?

Denne undersøgelse sætter blandt andet værdi på forstyrrelserne ved at måle, hvor meget energi en forstyrrelse koster. For at måle et dyrs energiforbrug anvendes dyrets hjertefrekvens (puls), idet der ofte er god sammenhæng mellem puls og energiforbrug.

Fordelene ved at anvende denne teknik i forbindelse med vildtlivende dyr er dels, at man kan følge dyrene uden at kunne se dem, dels at der er minimal risiko for at forstyrre dyrene ved indsamling af resultater.

En stor del af arbejdet er anvendt på at udvikle udstyr og teknik. Vores tekniske ambitioner var nok større end både budgettet og tiden tillod, men efter mange afprøvninger af prototyper lykkedes det at fabricere et forholdsvist simpelt, men resultatmæssigt pålideligt udstyr.

Ved tolkningen af denne rapport's materiale om forstyrrelse må der tages hensyn til, at arbejdet primært er udført i skovområder og i døgnets lyse timer. Rådyrs adfærd i forbindelse med påvirkninger fra mennesker kan være anderledes i det åbne landskab, og hvis påvirk-

ningerne forekommer i løbet af natten. Det bør også huskes, at Kalø skovene rummer en meget stor rådyrbestand, og at rådyrene i vid udstrækning har været påvirket af rekreative aktiviteter, før vore forsøg blev påbegyndt. Vi antager, at det reaktionsmønster, som Kalødyrene udviser, vil være mindst lige så tydeligt i områder med en mindre bestandstæthed, færre rekreative aktiviteter og en anden jagtlig forvaltning.

## 2 Materialer, metoder og databearbejdning

Dette projekt har arbejdet med forstyrrelse på flere områder. Materialer, metoder og bearbejdning skal derfor angives i hovedtræk under dette indledende kapitel. Beskrivelse af nogle beregningsmetoder og metodikker medtages direkte under det respektive resultat afsnit for at fremme den umiddelbare læsbarhed og forståelse.

### 2.1 Udstyr

Udvikling af udstyret har krævet et stort antal afprøvninger af prototyper og design. En proces, som har krævet godt og vel et års arbejde (Olesen & Andersen, in prep.). Det ligger uden for formålet med denne rapport at beskrive de enkelte udviklingstrin. Beskrivelsen koncentrerer sig om den mest funktionelle type udstyr.

Målingerne af puls foretages ved hjælp af en pacemakerlignende radiosender, som indopereres på indfangede dyr (implantatet). I et radiohalsbånd på dyret er der indbygget en mikrocomputer, som registrerer alle hjerteslag og sender signalet videre til en central modtagerstation. På denne måde er det i praksis muligt at overvåge hver eneste adfærdsforandring, der sker med et dyr inden for en radius af 5-6 km, døgnet rundt. Et rådyrs puls er et følsomt mål, idet hvilepulsen kan være så lav som 60 slag i minuttet, mens maksimalpulsen ligger omkring 300 slag/min. Hvilepulsen ligner menneskets, men det lille dyrs hjerte kan slå væsentligt hurtigere end menneskets maksimale 200 slag/min.

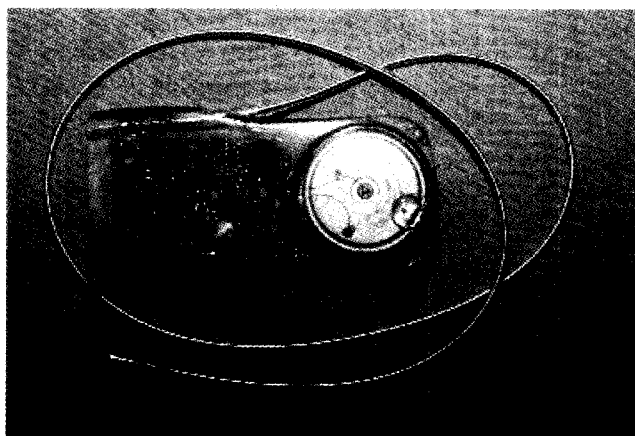
Udstyret består grundlæggende af:

- 1) Implantat med paceelektrode.

Implantatet lægges ind under huden på rådyrets hals. Gennem en vene (blodkar) føres en elastisk wire ned i dyrets højre hjertekammer. I enden af wiren opfanger en følsom elektrode de svage elektriske impulser, som får hjertets muskler til at trække sig sammen (EKG-signaler). De elektriske signaler i EKG'et kan afbildes som en række takker (spændingsforskelle), der opstår på grund af depolarisering og repolarisering af hjertets forkamre og hovedkamre. R-takken dan-

nes ved depolarisering af hjertets hovedkamre og er normalt altid det dominerende elektropotentiale.

Implantatet måler 85x45x5 mm og vejer 50 g. Implantatet indeholder blandt andet en lille radiosender med en sendefrekvens på 100 kHz og lav rækkevidde (50 cm). Den dipolære paceelektrode (Simens pacesetter) på 60 cm længde er koblet til elektronikken i implantatet (figur 1). Elektronik og batteri er indstøbt i hårdt og fuldt forseglende plastmateriale. EKG-signaler fra hjertet formidles gennem elektroden til implantatet, hvor signalet forstærkes og den relative styrke vurderes (digital comparator). Radiosenderen i implantatet skal kun sende et signal hver gang hjertets hovedkamre trækker sig sammen (QRS-komplekset, hvor R-takken indgår). Af forskellige årsager kan de elektriske impulser variere i styrke. Det er derfor nødvendigt at comparatorens triggerniveau (hvornår der udløses et signal) indstilles automatisk ud fra spændingsniveauet i EKG-signalets QRS-kompleks, målt over en tidskonstant på 500 ms. Eventuelle glidende forskelle i elektropotentiale mellem efterfølgende sammentrækningscykler får således ingen betydning. For at undgå kontinuerlig sending, hvis dyret dør, er det minimale triggerniveau sat til 0,25 millivolt. Når en R-tak er detekteret og implantatets radiosender afgiver et signal, er elektronikken blokeret for følgende pulsdetektioner i en periode på 150 millisekunder svarende til, at der maksimalt kan måles 360 slag i minuttet. Implantatets strømforsyning er et 3,5 V lithium 1,5 Ah batteri.



Figur 1. Implantat med paceelektrode.

## 2) Halsbånd.

For at muliggøre en sikker modtagelse af dyrets puls over længere afstande i kuperet skovterræn måtte implantatets signaler opfanges og forstærkes. Til dette formål blev der udviklet et halsbånd med en omnidirektional (ikke retningsbestemt) antenne centralt placeret i nakkepositionen på dyret og en elektronikasse mod dyrets bryst (figur 2). Signaler fra implantatet modtages med en 100 kHz modtagerenhed, forstærkes og retransmitteres til en datalogger med en 100 mW 150 MHz radiosender. Strømforsyningsenhed er et 7V, 5Ah batteri. Halsbåndet vejer 400 g. For at undgå hudproblemer, idet hals-

båndet kan glide på halsen, er bredden af halsbåndet 4 cm. Hårene slides i nakkeregionen, hvor halsbåndet sidder, men der er aldrig konstateret hudproblemer i denne forbindelse.



Figur 2. Rådyr med radiohalsbånd.

### 3) Modtagerstationen, placeret centralt i skoven.

Pulsinformationer fra rådyrene blev modtaget og lagret i en datalogger (Televilt RX900) forbundet til en 6 m høj mast med en omnidirektionel antenne. Dataloggeren blev indstillet på det valgte dyrs radiofrekvens og støj/signalforholdene optimeret for at opnå den bedste radiomodtagelse. De lagrede data bestod af dato, klokkeslet i timer, minutter og sekunder samt de dertil knyttede millisekundintervaller mellem hjerteslag (R-R-interval). Udover dette blev der til hver datalinje registreret en modtagerstyrke i decibel. Dataloggeren kunne kun optage kontinuerlige R-R-intervaller fra et dyr ad gangen.

## 2.2 Indfangning af rådyr

Under projektperioden blev der etableret fastplacerede rådyrfælder, men den mest succesfulde metode til indfangning var at benytte eksisterende kulturhegn. Kulturhegn er ståltrådshegn (1,6-1,8 m høje), opsat omkring arealer med yngre træer, for at forhindre rådyr i at bide træernes knopper/topskud. Efter tilladelse fra den lokale skovfoged blev udvalgte hegn åbnet. Indhegningerne stod åbne i to døgn, før de blev kontrolleret for rådyr.

Hegn og fælder blev kontrolleret omkring solopgang. Var der rådyr i hegnene blev disse lukket, og et ca. 20 m langt blødt net blev opsat i en spids vinkel ud fra ståltrådshegnet. Indfangningen udføres af to personer, hvor den ene placeres ved nettet og den anden, på tilpas afstand, presser dyrene langs hegnet til det sted, hvor nettet er spændt op. Dyrene ser normalt ikke nettet og fanges, hvorefter dyret hurtigt kan fikseres og bæres til en transportkasse. Transportkassen er mørk og snæver, således at dyret ikke kan skade sig selv. Mørket beroliger normalt dyret, og kun ved påvirkning af fremmede lyde rejser dyret sig i kassen.

Rådyrene blev inden for 2-6 timer transporteret til Skejby Sygehus, hvor de blev opereret. Fra fangsttidspunktet til dyret er kommet sig over narkosen og igen kan lukkes ud på indfangningsstedet, gik der mellem 10 og 14 timer.

Dyrene blev ikke anvendt i forbindelse med forstyrrelsesforsøg de første 21 dage efter operationen.

Ud fra erfaringerne med indfangningen af rådyr kan der drages følgende konklusioner :

- Indfangningsproceduren i kulturhegn fungerer generelt godt.
- For at udsætte dyrene for den mindst mulige belastning må fangsten lykkes hurtigt. Undslipper dyret den første gang, det går i nettet, er det meget vanskeligt at få det til at gå i samme net igen. Man bør derfor lade et sådant dyr slippe.
- Hvis det indfangede dyr viser sig at være i dårlig kondition (spids over ryggen), bør man ikke udsætte det for en operation.
- Fangstperioden bør som hovedregel kun foregå inden for følgende måneder.

Råbuk : september - juni

Rå : september - marts

Det er specielt vigtigt, at undgå indfangning af drægtige råer efter den 1. april.

## 2.3 Operationsteknik

Proceduren i forbindelse med de operative indgreb foregik på Skejby Sygehus, Institut for Eksperimentiel Klinisk Forskning. Ved denne afdeling opereres der årligt ca. 200 grise i forbindelse med forskning og undervisning. Operationerne foregår under samme forhold som ved operation af mennesker. De operative indgreb og placering af pancelektrode og implantat er foretaget af overlæge Henning Rud Andersen, som venligst har stillet sin ekspertise og tid til rådighed for projektet.

Når dyret ankommer, placeres det i et til operationsstuen tilstødende anæstesisrum, hvor det bedøves ved injektion med en blanding af:

3 ml Ketalar.vet.(50 mg/ml)

3 ml Dormitol (5 mg/ml)

I enkelte tilfælde har det været nødvendigt at supplere denne bedøvelse med endnu en dosis af samme blanding.

Dyret er normalt fuldt bedøvet efter ca. 5 minutter og kan tages ud af kassen for at få indført en respirationsslange i luftrøret (intubering). Herefter vejes dyret, og det køres ind på operationsstuen for at blive lagt i respirator under halotane anæstesi (gasblanding til bedøvelse).



Fuld bedøvelse opnås ved 1,25 % halotane dalende til 1% efter 15 min. Flow = 6 l/min bestående af lige dele ilt og kvælstof.

Før operationen barberes dyret på højre side af halsen i et felt på ca. 10 x 10 cm op mod højre kæbehalvdel og injiceres med 1 g anhypen (antibiotika). Operationssnittet bliver lagt på tværs af halsens højre side så højt oppe mod kæbebenet som muligt. På dette sted findes en sekundær vene til *Vena Jugularis*, hvor igennem elektroden kan føres ned i højre hjertekammer. Venen, hvor elektroden indføres, underbindes, mens der vedbliver at være blodflow i *Vena Jugularis* omkring elektroden. Før elektrode og implantatelektronik benyttes, desinficeres disse i iodspirt i en halv til en hel time. Herefter føres elektroden under røntgengennemlysning og via en stiv guidewire ned i bunden af hjertets højre ventrikel. Ved denne placering sikres et elektropotentiale på over 10 mV (målt via EKG afledt fra guidewiren), samt at elektroden kan vokse fast i bunden af hjertekammeret i løbet af en uge til 14 dage.

Før placering af implantatet på dyrets hals skabes en lomme under et tyndt lag tværstribet muskulatur, som beskytter implantatet. Overskydende elektrodeledning vikles op under implantatet. Når placeringen er kontrolleret via røntgengennemlysning, lukkes snittet på halsen med 6-8 sting. Dyret fratages nu halotanen, modtager en injektion af 1 g anhypen, og operationssåret overfladebehandles med sterilt sårplaster tilsat tjære, før halsbåndet monteres.

I løbet af 30 minutter begynder dyret at trække vejret selvstændigt og respiratoren frakobles, respirationsslangen fjernes og dyret kan forsigtigt placeres i transportkassen.

I løbet af projektperioden er der i alt blevet foretaget operative indgreb på 10 dyr, hvoraf udstyret på de 6 (alle ♀♀) har fungeret og givet resultater. For de resterende dyr har udstyret ikke givet brugbare resultater.

## 2.4 Dataindsamling - uforstyrrede forhold

I projektperioden er der blevet indsamlet materiale for at beskrive et rådyrs pulsmønster under uforstyrrede forhold. Uforstyrrede forhold betyder i denne sammenhæng, at der ikke er blevet foretaget forstyrrelsesforsøg med dyrene under observationerne. Dyrene kan have været udsat for forskellige påvirkninger, også fra mennesker, men materialet indeholder ikke længerevarende pulsførhøjelser, som er typiske for de gennemførte forstyrrelsesforsøg.

Det er vigtigt at kunne beskrive pulsmønstret under uforstyrrede forhold som fundament for evaluering af forstyrrelsessituationer. I perioder, hvor der ikke blev foretaget forstyrrelsesforsøg, opsamlede dataloggeren således dyrets puls over perioder af 16-24 timer.

## 2.5 Dataindsamling - forstyrrelsesforsøg

Alle forstyrrelsesforsøg som indgår i sammenligninger er gennemført, hvor afstanden mellem forstyrrelseskilden og dyret har været mindre end 100 m. Før et forstyrrelsesforsøg blev dyrets position fastlagt ved manuel pejling. Pejlingen blev foretaget fra tre forskellige kendte positioner så langt fra dyret, at det ikke blev påvirket. Herefter blev kompasretningerne indtegnet på et kort (1:5.000), og dyrets position blev fastlagt til det trigonometriske midtpunkt af den fremkomne trekant. Positionen blev kun accepteret, hvis længden af trekantens sider var under 50 m. Dyrets position kunne således fastlægges med en nøjagtighed svarende til  $\pm 25$  m. Efter forstyrrelse, når dyrets puls nærmede sig hvilepuls, blev dyrets position bestemt igen.

Der er foretaget forstyrrelsesforsøg med følgende påvirkninger:

- Person gående uden for skovvej, kurs mod rådyrets position.
- Cykling på etableret skovvej eller skovspor.
- Forstyrrelse med langsomt drivende hund (Tysk jagtterrier, tæve på 8 kg). Hunden følger rådyrets spor og er normalt ikke i umiddelbar nærhed af rådyret.

samt enkelte undersøgelser af blandt andet:

- Simulering af drivjagt.
- Simulering af orienteringsløb.

Forstyrrelsesforsøgene er alle foretaget i døgnet lyse timer og primært i skoven. Intensive forstyrrelsesforsøg foregik i to perioder henholdsvis 12/2 - 11/5 og 11/6 - 9/9 1996. I forsøgsperioder på 6 dage blev tre råer hver forstyrret én gang med hver af de tre førstnævnte forstyrrelsestyper. Inden for denne 6 dages forsøgsperiode blev rækkefølgen af forstyrrelsestype valgt tilfældigt.

## 2.6 Måling af vindstyrke

Data for vindstyrke og vindretning er målt af DMI på den nærliggende Tirstrup Lufthavn (8 km fra studieområdet). Målingerne er udført efter international standard, og der er i hele forsøgsperioden målt vinddata døgnet rundt for hver halve time. Værdien tilhørende et halvtimes interval er en middelværdi af vindstyrken i de sidste 10 minutter inden for hver halve time.

## 2.7 Databearbejdning - generelt

Data fra pulssenderne på rådyrene er opsamlet som registreringer af R-R-intervaller i millisekunder (tidsinterval fra en hjertesammentrækning til den næste). Selv om modtagerstationen var placeret optimalt, kunne der forekomme perioder, hvor radiosignalet ikke blev modtaget korrekt (evt. på grund af anden radiokommunikation på

nærliggende frekvenser) eller med meget svag modtagerstyrke. I enkelte tilfælde kunne der også optræde linjefejl i dataloggerens filopbygning. Resultater fra dataloggeren blev normalt overført til en central computer hvert andet døgn.

For at rense den store mængde rådata for mulige fejl, blev der opbygget et sorteringsprogram.

Programmet kontrollerer data for:

- Korrekt frekvens (sendernes eksakte frekvens  $\pm$  10 kHz for mulig temperaturbetinget drift).
- Modtagerstyrke (Minimum acceptabel styrke = -131 dB).
- R-R-interval mellem 1400 og 170 millisekunder, svarende til pulsintervallet 43-353 slag/min. blev accepteret.
- Linjelængde af datarecords.
- Faktorkontrol af forskelle mellem to på hinanden følgende R-R-værdier (Fysiologisk acceptable værdier mellem 1,6 og 0,625).
- Kontrol af dato og tid.

Programmet genererer herefter en rensset rådatafil, som kan bearbejdes via et andet program, opbygget til at beregne gennemsnit, standardafvigelse og forskellige statistiske indeks:

- Gennemsnit og standardafvigelse i henholdsvis 10 sekunders, 60 sekunders og 300 sekunders intervaller.
- Opsplitte data mellem adfærdsobservationer og forstyrrelsesforsøg.
- Opsplitning af data i datospecifikke filer.
- Indeks for korttids- og langtidsvariabilitet af pulsmønsteret.

Til visualisering af samtlige pulsdata blev der opbygget et printprogram, som kunne printe pulskurver i valgfrie sekvenser af 1,2,4,8 eller 24 timers interval. På den grafiske præsentation angives endvidere procentuel fordeling af puls i diskrete intervaller, gennemsnitsberegninger, standardafvigelser og indekxsværdier.

## **2.8 Undersøgelse af antal og fordeling af besøgende i skoven**

For at få et realistisk skøn over hvor ofte rådyrene bliver forstyrret af trafik i skoven, blev alle skovveje, som fører ind i Hestehave Skov, overvåget med infrarøde sensorsystemer (Trailmaster). Trailmaster-systemet blev indstillet således, at alt ned til menneskebredde talte én enhed, uanset hvor hurtigt genstanden kom forbi. Hvis en gruppe personer passerede tælleposterne, blev de kun registreret som selvstændige personer, hvis der var ca. én persons mellemrum mellem

dem. Alle tællinger blev registreret med dato og tid. Efter ca. 1.000 tællinger blev loggerne tømt direkte til en bærbar PC. Tællinger fra alle stationer blev sammenholdt, og det blev antaget, at alle personer blev talt både ved indgang og ved udgang. Resultaterne skal betragtes som et absolut minimum, idet der kan være enkelte besøgende, som er kommet ind i skoven uden at benytte vejene, eller fordi personer i grupper ikke er optalt nøjagtigt.

## 2.9 Vurdering af næringsindhold i fødeplanter

Kemiske analyser af udvalgte plantearter, indsamlet gennem vækstsæsonen, kan give oplysninger om, hvilke perioder af året de forskellige plantearter er attraktive fødeemner, og om, hvor stor en energiresource planterne udgør for rådyrene. Når man vil måle dyrs energiforbrug (bl.a. i form af forstyrrelse), er det vigtigt at have overblik over, hvilke muligheder dyrene har for at kompensere i form af energioptagelse.

Gennem planternes vækstsæson 1995 og 1996 er der indsamlet over 100 planteprøver, som er analyseret på centrallaboratoriet ved Forskningscenter Foulum. Alle prøver er indsamlet som en blandet artsprøve taget fra mange planter på flere lokaliteter. For ask er blade og knopper indsamlet fra træer i skovbunden, som holdes nede ved binding af rådyr. Der er indsamlet prøver fra arterne: bøg (*Fagus sylvatica*) (kimplanter, knopper, blade og frø), ask (*Fraxinus excelsior*) (knopper og blade), eg (*Quercus robur*) (frø), anemone (*Anemone nemorosa*) (over- og underjordiske dele), bingelurt (*Mercurialis perennis*) (blade), vorterod (*Ficaria verna*), skovsyre (*Oxalis acetosella*) og skovstjerne (*Galium odoratum*).

Planteprøverne er analyseret for: Aske, Kjeldahl N (kvælstof, beregning af protein), Råfedt, NDF (cellulose, hemicellulose og lignin), VOS (In vitro fordøjelighed af organisk stof) og makromineralerne (P, K, Ca, Na, Mg).

Det er uden for denne rapports målsætning at vise alle delresultater omkring variation i fødekvalitet i forhold til sæson og planteart. Dele af materialet danner baggrund for beregninger af, hvor stor fødemængde et rådyr skal optage for at kompensere for et energitab forårsaget af forstyrrelse.

## 3 Validering af udstyrets funktion

Mens dyrene endnu var på operationsbordet, men efter implantationen, blev udstyret valideret ved paralleloptagelse af et overflade-EKG og det radiotelemetriske signal for pulsen. Sammenligningsgrundlaget er derfor en EKG-udskrift, hvor overvågningsperiodens nøjagtige start- og sluttidspunkt jvf. dataloggeren afsættes manuelt.

Under operationsanæstesi er pulsen normalt rimelig stabil og ligger mellem 90-130 slag/min. For at validere udstyret ved højere puls niveauer er der på enkelte dyr blevet injiceret små mængder adrenalin (1/8 mg) intravenøst under fuld bedøvelse. Denne dosis adrenalin får hjertet til at slå med en højere hastighed og ofte med tydeligere arytmier i en kort periode.

Det er ikke muligt at afsætte starttidspunktet matematisk korrekt på det eksakte millisekund, og EKG-udskriften kan også kun tolkes med en sikkerhed på  $\pm 10$  millisekunder. Givet denne usikkerhed viser valideringsforsøgene en meget høj grad af overensstemmelse mellem aktuel hjertekontraktion og puls målt via den anvendte elektronik. Således er den maksimale afvigelse mellem EKG og radiotransmitterede data målt på R-R-interval under 1 % (tabel 1).

*Tabel 1: Validering af indopereret elektronisk udstyr ved sammenligning af antal millisekunder mellem hjerteslag (R-R-værdier) målt både ved EKG-udskrift og ved registrering gennem implantat, relæstation i halsbånd og radiomodtager/logger.*

Frekvens	Antal sek. EKG	Antal slag EKG	Puls EKG	$\bar{x}$ R-R EKG	$\bar{x}$ R-R Logger	Puls Logger	Afvigelse $\bar{x}$ R-R i %
150,240	30	64	128,0	468,8	472,8	126,9	0,860
150,240	30	65	130,0	461,5	461,6	130,0	0,002
150,170	60	143	143,0	419,6	419,7	143,1	0,020
150,170	150	233	93,2	643,8	643,8	93,3	0,002
150,170	60	50	100,0	600,0	603,2	99,5	0,540
150,170	45	56	74,7	803,6	798,2	75,2	0,660
150,050	30	90	180,0	333,3	334,0	179,6	0,200

## 4 Sæsonvariation i rådyrs aktivitetspuls under uforstyrrede forhold

Aktivitetspulsen er et gennemsnit over 16-24 timers middelpuls for hvert 10 sekunders interval. Denne værdi er meget robust over for temporære udsving.

Det er vigtigt at kunne beskrive et rådyrs gennemsnitlige aktivitetspuls under uforstyrrede forhold som fundament for evaluering af forstyrrelsessituationer ("normalforholdene") (Olesen et al., in prep.).

For at være i stand til at beregne aktivitetspulsen på en vilkårlig dato beskrives de eksisterende resultater via en matematisk model (figur 3). Modellen bygger på en sinusfunktion, som dækker perioden 10 marts - 24 august. I den øvrige del af året er kurveforløbet en kon-

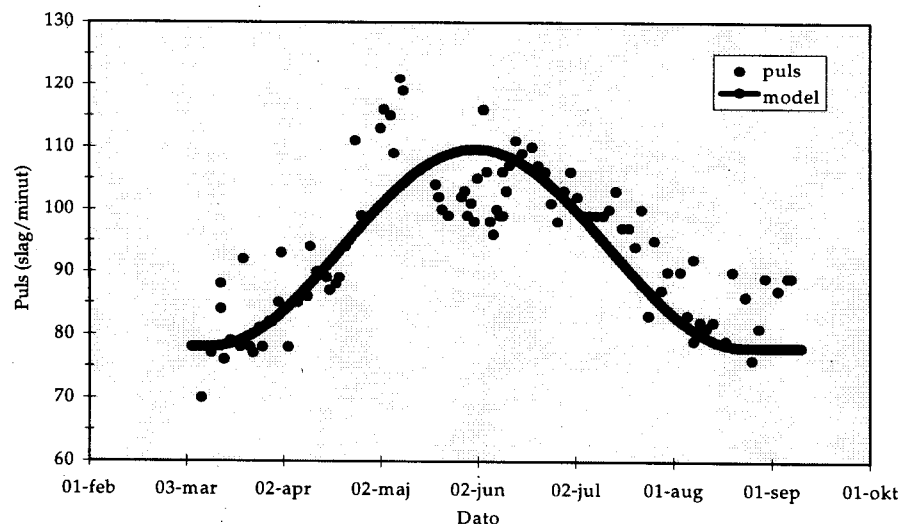
stant. Der er ikke data fra hele perioden oktober-februar, men de resultater, som foreligger, viser, at aktivitetspuls ligger konstant i en minimumsfase med en gennemsnitspuls på 78. Modellen dækker således hele året (Theil et al., in prep.).

Modelbeskrivelse:

$$Puls = 78 + 15,8 \left( \sin \left( \left( \frac{totaldag - 112}{166} \right) 2\pi \right) + 1 \right) K$$

Hvor

- 78 er minimumsniveau for det uforstyrrede rådyrs gennemsnitlige aktivitetspuls (vinterniveau).
- 15,8 er sinuskurvens amplitude (antal hjerteslag per minut).
- totaldag* er dag på året, nummereret 1....365.
- 112 er sinuskurvens faseforskydning (justering af toppunktet) i antal dage.
- 166 er sinuskurvens bølgelængde i antal dage (svarer til perioden 10/3 - 24/8).
- +1 er niveauforskydelse af sinuskurven der som standard går fra -1 til 1. Da minimum antal hjerteslag i live er > 0, må denne forskydning nødvendigvis indregnes, for at pulsen i modellen ikke skal antage negative værdier.
- K Konstant med værdi 1 eller 0, alt efter om tidspunktet er inden for eller uden for sinuskurvens dækningsområde. I perioden 25 august - 9 marts antager konstanten værdien 0. I perioden 10 marts - 24 august antager konstanten værdien 1.



Figur 3. Sæsonvariation i aktivitetspuls for uforstyrrede dyr. Sinuskurven er den kurvefunktion, som bedst beskriver materialet. Data repræsenterer i alt 2.071 timers registrering i 96 forskellige døgn.

Modellen forklarer 68% af sæsonvariationen i rådyrenes gennemsnitlige aktivitetspuls ( $R^2=0,684$ ;  $p<0,0001$ ). Resultaterne viser, at dyrenes puls varierer ganske tydeligt med sæsonen. I forbindelse med at vurdere forstyrrelsers betydning for dyrene er det derfor vigtigt at kunne korrigere for denne sæsonvariation i materialet. Det gælder især, hvis forstyrrelseseffekter skal sammenlignes på forskellige tider af året. Denne type sammenligning forekommer f.eks. ved vurdering af dyrenes mulighed for at tilvænne sig forskellige forstyrrelser.

Sinuskurvens toppunkt ser ud til at falde nøje sammen med det tidspunkt, hvor rådyrene sætter lam. I Kalø-skovene sætter de fleste råder deres lam omkring d. 3 juni (Strandgaard 1972). På figur 3, 4 og 5 ses det, at den gruppe af aktivitetspuls-værdier, som ligger tydeligt over modelkurven i maj måned, påvirker modellernes statistiske forklaringsgrad negativt. Da data er sammenfaldende, tolker vi primært de højere værdier i denne måned som et udtryk for de forhøjede stofskiftekrav, som de voksende fostre medfører. En del af observationerne i maj måned var præget af hård vind. Ved hård vind stiger rådyrenes puls (se afsnit 6.) hvilket også kan forklare noget af det forhøjede pulsniveau. Da der ikke indgår flere års data, kan vi på nuværende tidspunkt ikke vide, om dette puls-toppunkt eventuelt er konsistent i styrke og placering.

## 5 Individuelle forskelle

Der er ikke konstateret individuelle forskelle mellem de mærkede råder i forbindelse med evaluering af forstyrrelser eller ved beskrivelse af den uforstyrrede aktivitetspuls sæsonvariation. Undersøges rådyrenes pulsniveau derimod i forhold til hovedadfærdstyper, findes individuelle forskelle. Når materialet er korrigeret for sæsonvariationen, kan to af dyrene ikke skelnes i pulsniveau for adfærdstyperne, mens det tredje dyr i gennemsnit for samtlige adfærdstyper har et pulsniveau, som er  $2,11 \pm 0,78$  hjerteslag højere ( $P<0,01$  for ingen individuelleeffekt). For at få et gennemsnitsbillede af materialet har vi valgt at negligere den beskedne, men dog statistisk signifikante, individuelle forskel. Individforskellen kan forklares ud fra aldersforskelle.

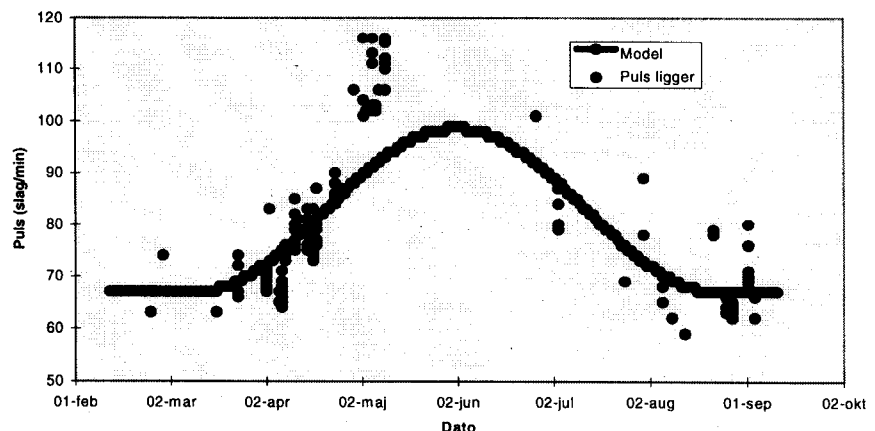
## 6 Vindstyrkens betydning for rådyrs puls

Ved nærmere analyse af abiotiske faktorerers indflydelse på dyrenes puls fandt vi, at vindstyrken forklarer ca. 2 % af pulsvariationen ( $R^2=$

0,02;  $p < 0,01$ ;  $N = 1650$ ). I materialet indgår pulsværdier for distinkte adfærdstyper (uforstyrret), men vinden påvirker tilsyneladende ikke pulsen, når dyret flygter. Sammenhængen mellem puls og vindhastighed er ikke lineær. Materialet kan derfor kun behandles i diskrete klasser. Pulsen påvirkes ikke ved vindhastigheder op til ca. 8,5 m per sekund, hvor pulsniveauet (korrigeret for sæson- og adfærdsvariation samt individeffekt) er  $61,0 \pm 0,3$ ;  $N = 1622$ , mens pulsen er signifikant ( $p < 0,01$ ) forøget til  $68,2 \pm 2,47$ ;  $N = 28$  ved vindstyrker over 8,5 m per sekund. Vindens afkølede effekt og dermed behovet for et stigende stofskifte kan være en af årsagerne til puls stigningen. Dette vil i sær være muligt i vinterperioden. En anden forklaring kan være en emotionel betinget pulsstigning (skærpet opmærksomhed) på grund af træernes bevægelse og uforudsigelig raslen i løvet ved høj vindhastighed. Da vindforhold kun forklarer en meget beskeden del af variationen i materialet, og da vi ikke kender bidragene af hhv. afkøling og emotionel betinget pulsstigning, har vi valgt at se bort fra effekten ved de følgende estimater af forstyrrelse og energetiske forhold.

## 7 Rådyrs pulsniveau ved forskellige adfærdstyper

I en samlet periode på ca. 200 timer har det kunnet lade sig gøre at foretage visuelle observationer af dyrenes adfærd parallelt med optagelse af dyrenes puls. Dette materiale gør det muligt at karakterisere dyrenes gennemsnitlige puls og variationsbredden for specifikke adfærdstyper. En lang række forskellige adfærdstyper er blevet registreret, men i dette materiale behandles udelukkende de overordnede adfærdstyper: "ligger" (hvile, figur 4), "står", "går", "fouragerer" og "flygter".



Figur 4: Sæsonvariation for hvilepuls, adfærden "ligger" (uforstyrrede dyr). Sinuskurven er den kurvefunktion, som bedst beskriver materialet. Data repræsenterer gennemsnitsberegninger af 143 observationsperioder.



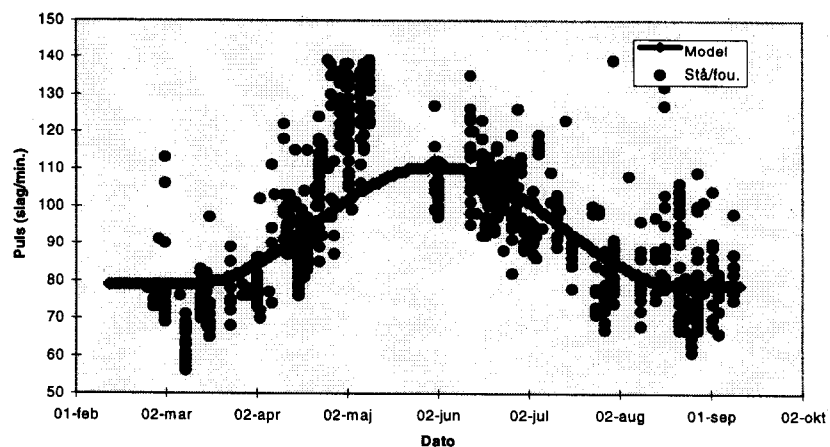
## Modelbeskrivelse:

$$Puls = 66 + 15,8(\sin((\frac{totaldag - 112}{166})2\pi) + 1)K$$

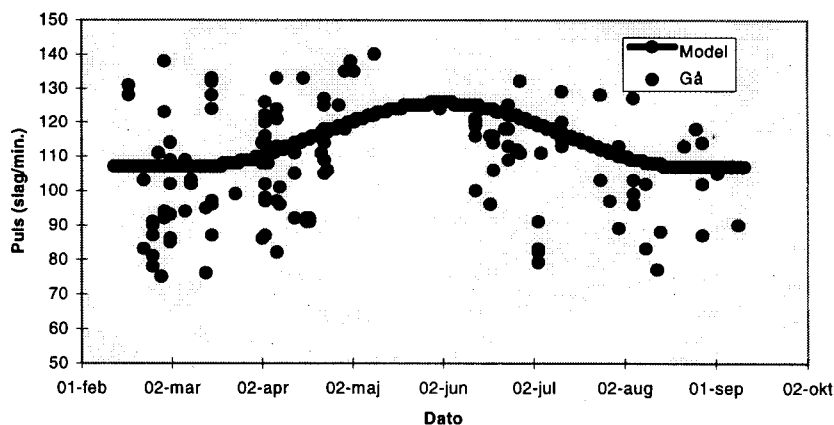
### Hvor

- 66** er minimumsniveau for det uforstyrrede rådyrs gennemsnitlige hvilepuls (vinterniveau).
- 15,8** er sinuskurvens amplitude (antal hjerteslag per minut).
- totaldag** er dag på året, nummereret 1....365.
- 112** er sinuskurvens faseforskydning (justering af toppunktet) i antal dage.
- 166** er sinuskurvens bølgelængde i antal dage (svarende til perioden 10/3 - 24/8).
- +1** er niveauforskydelse af sinuskurven, der som standard går fra -1 til 1. Da absolut minimum antal hjerteslag i live er  $> 0$ , må denne forskydning nødvendigvis indregnes.
- K** Konstant med værdi 1 eller 0, alt efter om tidspunktet er inden for eller uden for sinuskurvens dækningsområde. I perioden 25 august - 9 marts antager konstanten værdien 0. I perioden 10 marts - 24 august antager konstanten værdien 1.

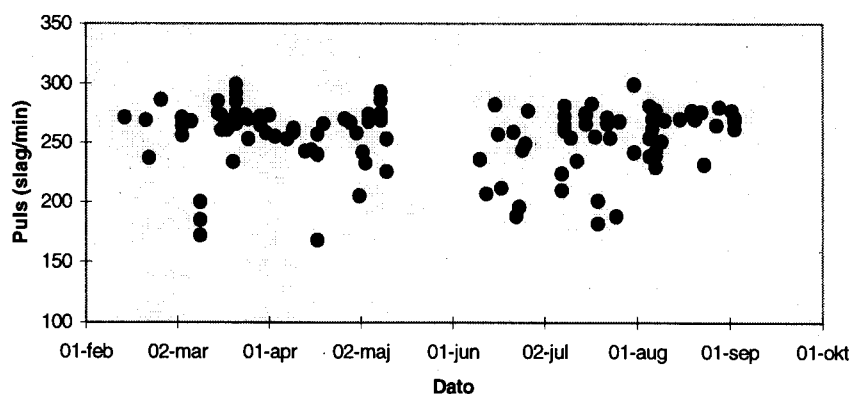
Modellen for adfærden "ligger" (hvile) forklarer 76 % af sæsonvariationen i rådyrenes gennemsnitlige hvilepuls ( $R^2=0,758$ ;  $p<0,0001$ ). På samme måde er der opbygget forklaringsmodeller over pulsniveauerne for adfærdstyperne, "står/fouragerer", "går" og "flygter" (figur 5, 6, og 7). Et samlet overblik gives i tabel 2.



Figur 5. Sæsonvariation for adfærden "står/fouragerer" (uforstyrrede dyr). Sinuskurven er den kurvefunktion som bedst beskriver materialet. Sinusfunktionens amplitude er her 15,8 hjerteslag/minut. Data repræsenterer gennemsnitsberegninger af 1.315 observationsperioder.



Figur 6. Sæsonvariation for adfærden "går" (uforstyrrede dyr). Sinuskurven er den kurvefunktion, som bedst beskriver materialet. Sinusfunktionens amplitude er her 9,3 hjerteslag/min. Data repræsenterer gennemsnitsberegninger af 508 observationsperioder.



Figur 7. Rådyrs puls ved adfærden "flygter". Antal observationer = 113.

Ved adfærden "flygter" kan der ikke vises nogen sæsonafhængighed. Denne adfærdstype udviser stor variation. Adfærdstyperne "står" og "fouragerer" kan ikke skelnes signifikant fra hinanden på puls niveauet. Af denne årsag er observationerne slået sammen. Den kombinerede adfærd "står/fouragerer" er bedst beskrevet ved en sinusmodel som for "ligger", men med en mindstepuls på 78 slag/min. For adfærdstypen "går" er minimumspuls niveauet væsentligt højere, 107 slag/min., og sæsonvariationen udtrykt ved sinusrelationen har tydeligt lavere amplitude (9,3 slag/min.).

Materialet i sin helhed tyder på, at sinusmodellens amplitude (sæsonvariationen) vil aftage, jo højere puls niveau den enkelte adfærdstype har. Bag dette mønster ligger sandsynligvis det faktum, at den fysiologiske grænseværdi for et rådyrs maksimale puls ligger omkring 300 slag/min.

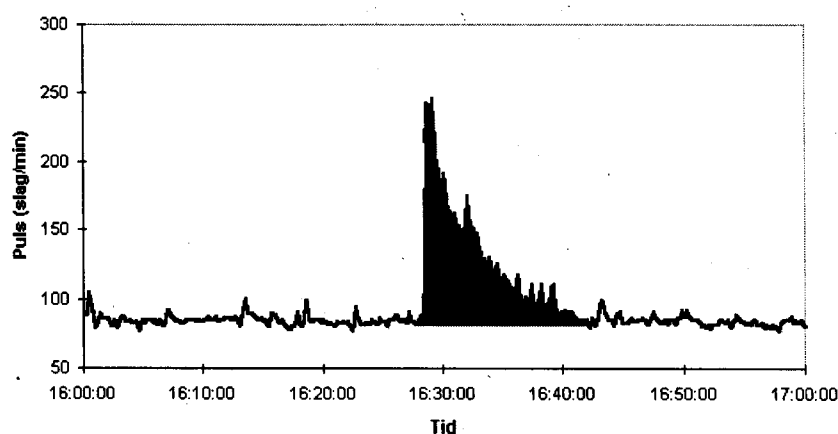
Tabel 2. Puls karakteristisk for normal uforstyrret døgnaktivitet, og adfærdstyperne "ligger", "går", "står/fouragerer" og "flygter".

Adfærd	Antal observationsperioder	Adfærd-afhængig minimumspuls	Standardfejls på parameterestimatet ± SE	Model-sikkerhed p<	Model-forklaring R <sup>2</sup>
Normal uforstyrret døgnaktivitet	96	78	0,66	0,0001	0,69
Ligger (hvile)	142	66	0,42	0,0001	0,76
Står/fouragerer	1.315	78	0,35	0,0001	0,47
Går	508	107	1,11	0,0001	0,46
Flygter	113	264*	2,58	-	-

\* puls ved flugt viser ikke sæsonvariation, og derfor er denne værdi et absolut gennemsnit.

## 8 Rådyrs reaktion ved forskellige forstyrrelsestyper - beregning af forstyrrelsesindeks

For at sammenligne forskellige forstyrrelser og skabe en basis for beregning af de energimæssige omkostninger, udregnes et indeks, som er et produkt af pulsforøgelsen og den tid pulsen er forøget. Der skelnes mellem to responser på forstyrrelse: hvis dyret flygter efter en forstyrrelse (indeks 1) og hvis dyret ikke flygter (indeks 2). Forstyrrelsesindeks 1 (ved flugt) beregnes ved, at antal hjerteslag højere end den sæsonspecifikke hvilepuls summeres i tidsintervallet fra forstyrrelsen igangsættes til pulsen er faldet til den sæsonspecifikke hvilepuls plus 2 gange standardafvigelsen, dvs. arealet under pulskurven (figur 8). Ved denne beregningsmetode er sæsonvariationen i dyrenes puls trukket ud, og værdierne er således umiddelbart sammenlignelige for hele året.



Figur 8: Eksempel på beregningsmetoden for forstyrrelsesindeks (indeks 1). Bundlinjen er den sæsonspecifikke hvilepuls. I dette tilfælde 85 slag/min.

Table 3. Forstyrrelsesindeks for forskellige forstyrrelsestyper. For forstyrrelse med cykel er kun medtaget situationer, hvor dyret flygter.

Forstyrrelsestype	Middel forstyrrelsesindeks (antal hjerteslag)	Standardfejl, $\pm$ SE	Antal forsøg
Drivende hund	1.756*	116	84
Gå uden for skovvej.	1.126*	88	80
Cykel på skovvej (flygter)	909*	146	29
Cykel på skovvej (bliver)	58**	12	44

\* Indeks 1, \*\* Indeks 2

Påvirkninger fra cykel, hvor rådyret ikke flygter, medfører kun en beskeden pulsstigning. I enkelte tilfælde opdager dyret slet ikke personen på cyklen. Dyret genoptager hurtigt den forudgående uforstyrrede aktivitet. Denne aktivitet var ikke altid hvile, hvilket gør det forkert at summere antal hjerteslag, indtil pulsen er nede på hvilepuls plus 2 gange standardafvigelsen. Beregningen af forstyrrelsesindeks (indeks 2) for de tilfælde, hvor der kan konstateres en pulsstigning, men ingen adfærdsforandring, foregår derfor ved, at der i det sidste minut før forstyrrelsen beregnes en middelpuls og standardafvigelse. Fra tidspunktet hvor pulsen stiger på grund af forstyrrelsen, summeres antallet af hjerteslag, indtil pulsen er faldet til begyndelsesgennemsnittet plus 2 gange standardafvigelsen.

Ved cykling på skovvej var der 40 ud af i alt 114 forsøg (35%) hvor der ikke blev registreret pulsstigninger overhovedet. I disse tilfælde antages det, at dyret ikke opdagede cyklen. Ud af de resterende 74 forsøg flygtede dyret i 41% af tilfældene. I de resterende 59% af forsøgene blev dyrene på deres position, men en pulsstigning kunne registreres. Forstyrrelsesindeks (metode 2) for forsøgene, hvor dyret ikke flygtede, er beregnet til  $58 \pm 12$  hjerteslag (middel  $\pm$  SE).

Resultaterne viser, at forstyrrelser med hund helt klart er den forstyrrelsestype, der påvirker mest. Det er vigtigt at pointere, at forstyrrelsesindekset for forstyrrelse med hund er meget afhængigt af forstyrrelsens intensitet, d.v.s. hvor lang tid hunden følger dyrets spor. Således vil påvirkningsgraden være forskellig, alt efter hvilken type hund, som forstyrrer rådyrene. Forstyrrelser ved en person, som går gennem skoven uden for skovvej og jager dyret op, kan ikke signifikant skelnes fra de cykelforstyrrelser, hvor dyret flygter. Uanset forstyrrelsestype vil der være en fast omkostning, som skal dækkes, når en påvirkning fører til, at dyret flygter. På denne måde kan der være parallelitet mellem antal ekstra hjerteslag ved flugt fra cykel og person.

Der er hverken fundet sæsonmæssige eller individuelle forskelle i forstyrrelsesindeks.

## 9 Varighed og eftervirkning af forstyrrelse

Tidsforbruget er en vigtig del af helhedsbilledet omkring forstyrrelser betydning. I den periode, hvor dyrets puls er forhøjet som funktion af forstyrrelsen samt i den periode efter forstyrrelsen, hvor dyret forbliver i skjul, er fødeoptagelse udelukket.

Den gennemsnitlige varighed af en forstyrrelse er størst for forstyrrelse med hund (44 minutter). Når en person går uden for veje og stier i skoven og jager dyret op (støder dyret), er pulsen forhøjet i gennemsnitlig 32 minutter. Det er vanskeligere at give et entydigt billede af forstyrrelsestiden ved påvirkningen fra en cykel på en skovvej. For de forstyrrelser, som resulterer i dyrets flugt, er varigheden af forstyrrelsen (29 minutter) knap så stor som for gåforstyrrelsen, men i de tilfælde, hvor dyret ikke flygter, er varigheden af pulsforhøjelsen så lav som 3,3 minut (tabel 4).

I samtlige tilfælde, hvor rådyret flygter, søger det skjul og falder pulsmæssigt til ro. Imidlertid rejser det sig ikke straks, efter at pulsen er på hvileniveau, for f.eks. at begynde en fourageringsperiode. Det er helt typisk, at dyret forbliver i dækning i en periode. I de tilfælde, hvor dyr flygtede fra en forstyrrelse, forblev de liggende i hvile i skjulet i gennemsnitlig 1 time og 22 minutter  $\pm 7,6$  minutter, ( $\bar{x} \pm SE$ )  $N=45$ . Der er ikke fundet forskelle for forstyrrelsestype eller sæson i dette adfærdsmønster. Varigheden af eftervirkningsperioden blev beregnet ud fra pulskurven.

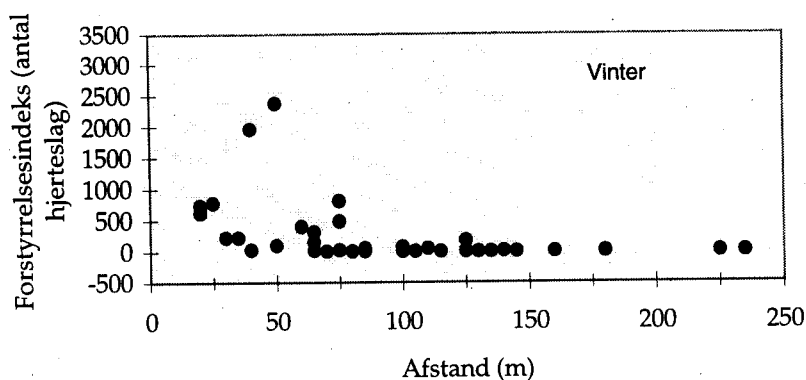
Tabel 4. Middel varighed og standardfejl for perioder med forhøjet pulsniveau ved forskellige typer af forstyrrelse.

Type	antal forsøg	$\bar{x}$ Totaltid (min.)	$\pm SE$
Drivende hund	84	43,6	3,3
Person går uden for skovvej	80	32,8	2,8
Cykel på skovvej (dyret flygter)	29	28,7	5,5
Cykel på skovvej (dyret bliver)	44	3,3	0,6

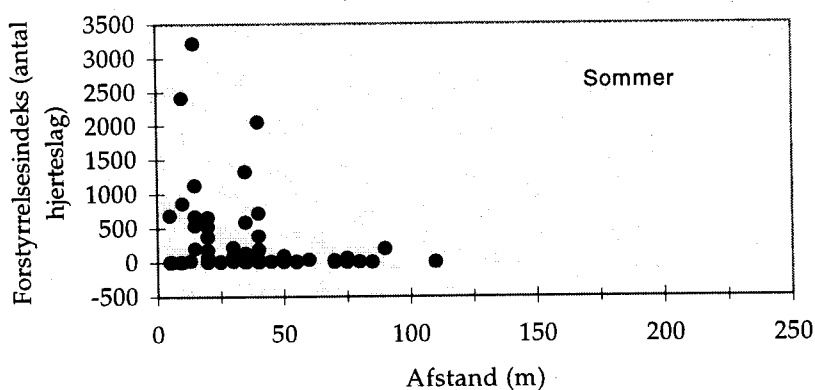
## 10 Afstanden og dækningens betydning for dyrenes reaktion på forstyrrelse

Afstanden til forstyrrelseskilden er af afgørende betydning for, hvordan dyret reagerer. For de forstyrrelser, som er foretaget fra skovvejene, har det været muligt at vise betydningen af afstanden. I vinter-

perioden kan rådyrene reagere med forhøjet puls på forstyrrelser op til en afstand af ca. 75 m fra vejen (figur 9). Imidlertid er billedet anderledes i sommerperioden, hvor der skal være væsentlig kortere afstand til dyrene for at de reagerer på forstyrrelsen. Forstyrrelser i sommerperioden resulterer kun i pulsforhøjelser hos rådyrene, hvis afstanden er under ca. 40 m (figur 10). Dette sæsonmønster kan skyldes, at der i sommerperioden er væsentlig bedre dækning i skovbundens vegetation og de løvfældende træers bladdække. I vinterperioden er skoven mere åben, skovbundsvegetationen er bortvisnet, og bladene er faldet af løvtræerne.



Figur 9. Afstanden mellem forstyrrelseskilde og rådyret i forhold til forstyrrelsesindeks for vinterperioden, efter løvfald. Hver prik angiver et forsøg med cykelforstyrrelse fra skovvej.



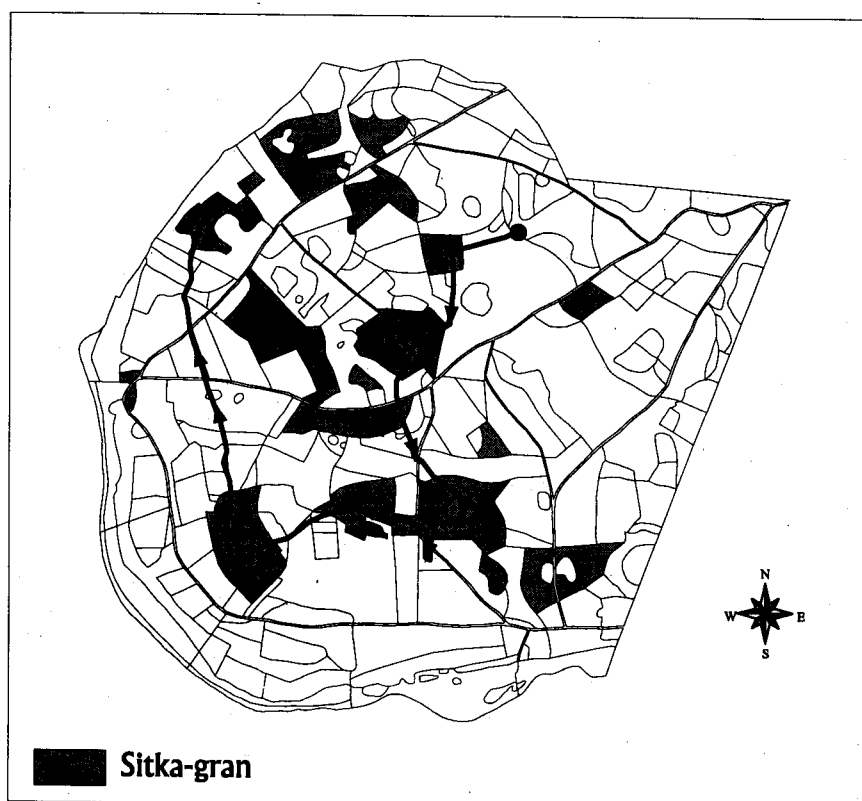
Figur 10. Afstanden mellem forstyrrelseskilde og rådyret i forhold til forstyrrelsesindeks for sommerperioden med god dækning af opvækst og blade. Hver prik angiver et forsøg med cykelforstyrrelse fra skovvej.

Betydningen af afstanden mellem rådyr og forstyrrelsekilden kan også illustreres ved at beregne en middelf afstand for de forstyrrelser fra skovvej, som resulterer i, at dyret flygter, i forhold til situationer, hvor rådyret bliver stående. Uden at tage hensyn til sæsonvariationer (bladdække) er afstanden, når dyret flygter, i gennemsnit 34 m, mens afstanden er signifikant større (60 m) i de tilfælde, hvor dyrene ikke flygter. Sommerperiodens forbedrede dækningsmuligheder medfører, at den gennemsnitlige afstand til dyr, som ikke flygter, halveres fra 82 m (vinter) til 41 m (sommer). For at påvirke rådyr så kraftigt, at

de flygter, skal forstyrrelseskilden i sommerperioden være væsentligt tættere på dyret (27 m) end i vinterperioden med dårligere dækning (48 m). Der er signifikante forskelle mellem afstandsmålene både for sæson og adfærdstype (Tabel 5).

Tabel 5. Middelfastand mellem forstyrrelseskilde og rådyret, når dyret vælger at flygte, kontra bliver stående ved en cykelforstyrrelse fra skovvej. Resultater fra henholdsvis sommer med god dækning og vinter med dårligere dækning.

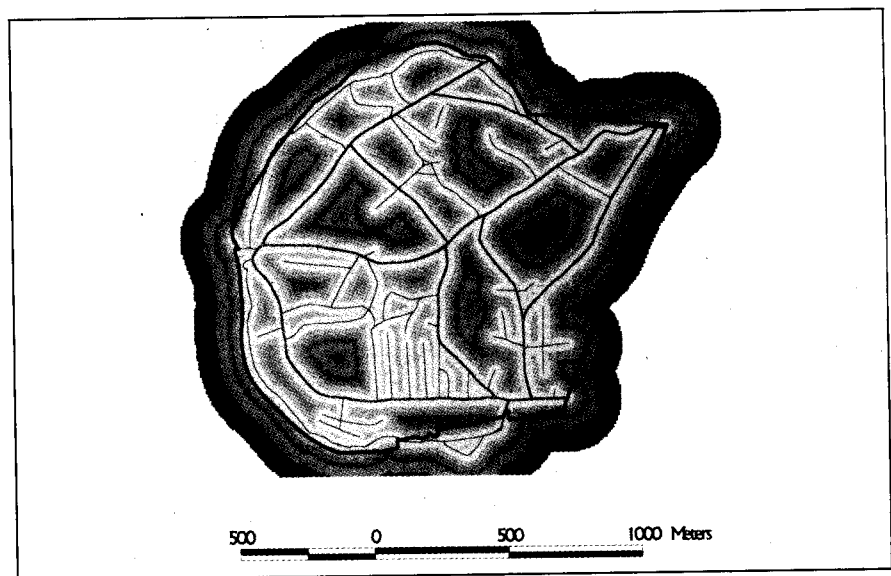
Adfærd	n	Vinter $\bar{x} \pm SE$ (meter)	n	Sommer $\bar{x} \pm SE$ (meter)	Statistisk vurdering (sæson) P<	Hele året $\bar{x} \pm SE$ (meter)
Flygter	9	48 ± 8	20	27 ± 4	p<0,05	34 ± 5
Bliver stående	20	82 ± 10	24	41 ± 4	p<0,001	60 ± 6
Statistisk vurdering (respons) P<		P<0,01		p<0,05		p<0,001



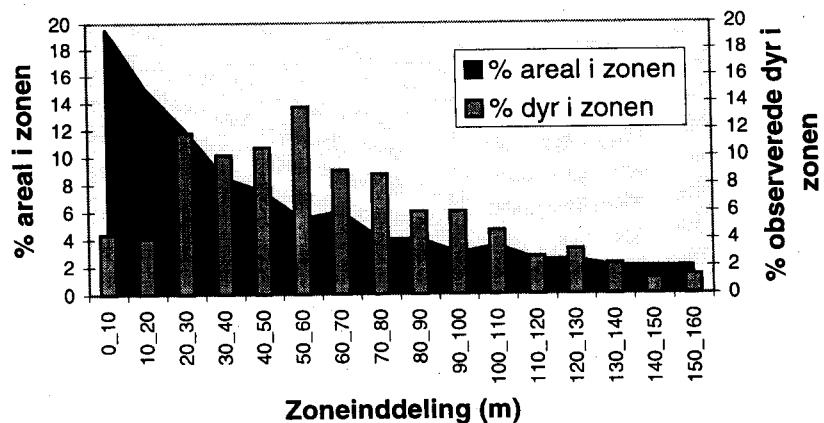
Figur 11. Bevægelsesmønster for et rådyr, som blev forstyrret med jævne mellemrum i en periode på 2 timer i Hestehave Skov. På skovkortet er angivet dyrets rute og områder med sitkagranbevoksninger i Hestehaven.

Dækningens betydning kan også illustreres ud fra et forsøg, hvor tre personer i en periode på to timer løb efter et radiomærket dyr for at simulere forstyrrelser som ved et orienteringsløb (se afsnit 13). Figur 11 viser, at dyret hele tiden søgte dækning i de tætte sitkagranplantager i skoven. I de unge nåletræsområder har dyrene god dækning, og pulsen falder hurtigt. I den åbne løvskov er dækningen dårlig og dyret flygter, indtil den finder acceptabel dækning. God dækning i et skovområde er derfor et vigtigt værn mod forstyrrelse og eventuel udvandring som følge af forstyrrelserne.

Før hver forstyrrelse blev rådyrenes position fastlagt ved pejling af radiosenderne. Disse positioner blev lagret i softwareprogrammet ArcView, og for alle punkter blev der udregnet en mindsteafstand til skovvej. I samme program er der indlagt afstandszoner til veje og stier i Hestehaven. I figur 12 er vist, hvorledes der kun er få områder i skoven, som ligger langt fra skovvejene. Disse områder kan antages at virke som forstyrrelsesfrie zoner.



Figur 12. Hestehave Skov (200 ha) hvor skovvejene er markeret med omkringliggende zoner i intervaller på 20 m.



Figur 13. Fordeling af skovarealet og andelen af observerede rådyr (n=365) i 10 ms zoner omkring veje og stier i Hestehave Skov (i alt 200 ha). Rådyrenes position er fastlagt ved trepunktspejling. Der er kun anvendt dyr, som ikke har været forstyrret.



Sammenlignes dyrenes position i forhold til veje med arealet af zonerne fremgår det, at der er væsentlig forskel på fordelingerne (figur 13). Langt det største areal af skoven ligger inden for zonerne 0-10 og 10-20 m fra skovveje eller -stier. I disse to vejnære zoner opholder dyrene sig ikke i forhold til arealet. Tilsyneladende fravælger en del af dyrene arealerne omkring vejene på grund af risikoen for forstyrrelser. Der skal dog gøres opmærksom på, at dette kun er undersøgt i døgnets lyse timer. Billedet kan være anderledes om natten, hvor der er ganske få mennesker i skoven.

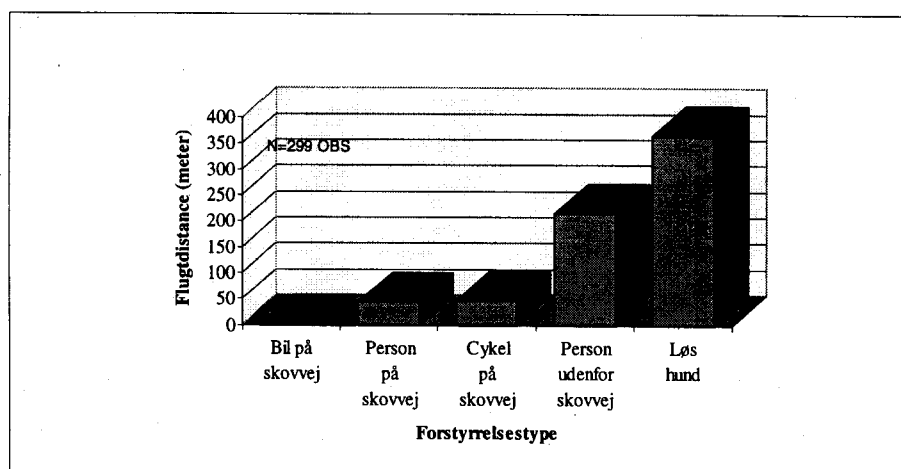
Disse resultater illustrerer, at en vildtvenlig planlægning af vej og stisystemer i de offentligt tilgængelige skove kan være betydningsfuld for at sikre forstyrrelsesfrie kerneområder. I kerneområder med god føde og få forstyrrelser vil der være optimale reproduktionsmuligheder, som sikrer en høj bæredygtighed for rådyr. Reproduktionsoverskuddet fra kerneområderne koloniserer de sekundære leveområder nær vejene. En forholdsvis stor rådyrpopulation vil under disse omstændigheder kunne overleve i skoven, selv om nogle dyr udsættes for hyppige forstyrrelser omkring vejene. Denne dynamik skaber gode muligheder for det publikum, som gerne vil opleve dyrene.

## 11 Flugtdistancer ved forskellige forstyrrelsestyper

Flugtdistance er et udtryk for den distance, som et rådyr flytter sig på grund af en forstyrrelse. Baggrunden for udregning af denne distance er lokalisering (pejling) af dyret både før og efter forstyrrelsen. Da dyret sjældent flygter i en lige linje, er der tale om absolutte minimums distancer. Flugtdistancer kan være påvirket af flere forhold. Primært typen af forstyrrelse, men også intensitet, afstand til forstyrrelseskilden og mulighed for at finde egnet skjul i nærheden. Til en vis grad karakteriseres forstyrrelsestyperne dog af flugtdistancen. For forstyrrelser med en løs hund flygter rådyrene i gennemsnit 365 m, mens personer, som går gennem skoven og støder (skræmmer) dyret, i gennemsnit kun får rådyret til at flygte 210 m. For cykel og personer på skovvej flygter dyrene ikke hver gang, hvilket giver så lave midelflugtdistancer som mellem 40 og 50 m (figur 14).

I ingen af forstyrrelsesforsøgene kunne det konstateres, at dyrene flygtede til områder, som var tydeligt uden for deres normale hjemområder i skoven. Kun ved forsøg med meget høj forstyrrelsesintensitet syntes dyrene at være presset så hårdt, at de brød deres kendte geografiske grænser (se figur 11). I ingen tilfælde forlod dyrene skoven. Alternativet til skoven er det åbne intensivt dyrkede landskab, hvor der er meget sparsomme dækningsmuligheder. Resultaterne tyder på, at der skal ganske vedvarende og hyppige forstyrrel-

ser til, for at rådyrene, som normalt holder til i skoven, søger tilflugt i det åbne landskab.



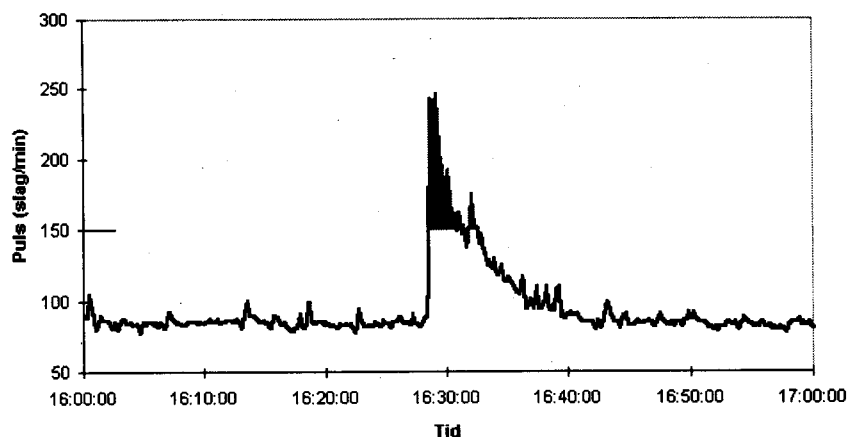
Figur 14. Middel flugtdistance for rådyr udsat for forskellige menneskeskabte påvirkninger. For påvirkningerne fra skovvej indgår en del observationer, hvor dyret ikke bevæger sig på grund af mennesket.

## 12 Tilvænning (habituering)

Ved vurdering af dyrenes mulighed for at tilvænne sig forstyrrelser, er der udviklet flere beregningsmetoder, som afhænger af forstyrrelsestypen (Coutant et al. in prep.)

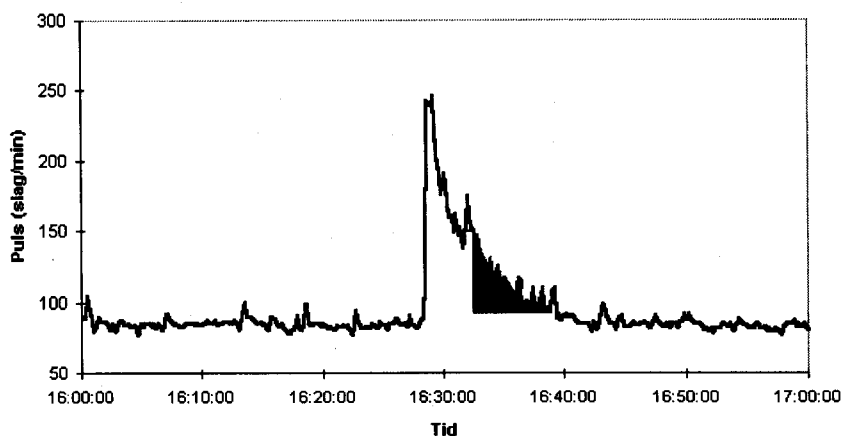
I situationer, hvor rådyret flygter (ved hund, person uden for skovvej og nogle cykelforstyrrelser), er forstyrrelsesindekset påvirket af forstyrrelsens varighed og den styrke, forstyrrelsen har haft. For at skabe et sammenligningsgrundlag for vurdering af gentagne forstyrrelseres effekt er det nødvendigt at definere et objektive mål for dette. Vi har valgt at kalde størrelsen for **forstyrrelsesintensiteten**. Vi udregner forstyrrelsesintensiteten ved at summere antal hjerteslag højere end 150 slag/min. (figur 15). Værdien 150 slag/min. er valgt ud fra, at dette pulsniveau ligger højere end adfærden "går", men lavere end "løber/flygter". Ved situationer, hvor dyret flygter, vil pulsen derfor altid være højere end 150. Det er ikke muligt at anvende tidsintervallet for forstyrrelsen som intensitetsmål, fordi dette ikke er eksakt. Ved forstyrrelser med hund kan det f.eks. ikke vides nøjagtigt, i hvor lang tid hunden har fulgt sporet af det rette rådyr, og hvor tæt hunden har været på dyret.

Som det bedst anvendelige sammenligningsgrundlag for betydningen af gentagne forstyrrelser beregner vi et udtryk for størrelsen af beroligelsesfasen - **areal150**. Arealet er summen af antal hjerteslag fra pulsen er faldet under 150 slag/min., indtil pulsen er nået ned på hvilepulsen  $\pm 2$  gange standardafvigelsen, d.v.s. arealet under den sidste, asymptotisk aftagende del af pulskurven efter en forstyrrelse



Figur 15. Eksempel på beregning af forstyrrelsesintensitet. Arealet af det skraverede felt (summen af hjerteslag) er vores definition af en forstyrrelsesintensitet.

(figur 16). Hvis der under selve forstyrrelsen forekommer kortvarige pulsfald til under 150 (evt. ved at dyret stopper op, men løber igen kort efter) beregnes **areal150** nylig fra den sidste gang, pulsen falder til under 150 slag/min. Ved alle typer af forstyrrelse, hvor dyret provokeres til at flygte, vil pulsen afspejle en momentan stor stigning efterfulgt af en asymptotisk faldende puls, "beroligelsesfasen". Hvor hurtigt pulskurven falder, og dyret beroliges er af stor betydning for forstyrrelsens samlede størrelse.



Figur 16. Illustration af **areal150**. Denne parameter kalder vi beroligelsesfasen.

Rådyrenes pulsreaktion ved menneskeskabte påvirkninger kan deles op i to dele. Den største del af omkostningen ved en forstyrrelse, hvor dyret flygter, skyldes den fysiske bevægelse (basisomkostninger). Derudover vil der være en omkostning (et antal hjerteslag), der kan henregnes til emotionelt betingede faktorer (frygt for det ukendte). Tilvænning vil først og fremmest kunne antages at reducere de emotionelt betingede omkostninger, mens de fysiske basisomkostninger kun kan forandres, hvis flugtdistancen reduceres. I nærværende undersøgelser afspejler **forstyrrelsesintensitet** i høj grad den fysiske effekt af flugtdistancen. Det er vores opfattelse, at reduktion af de emotionelt betingede omkostninger og dermed tilvænning

kan ske, hvis dyret, på baggrund af erfaring (stigende med antallet af gentagelser), kan genkende forstyrrelsen og derfor ikke opfatter den så livstruende som tidligere.

Vi antager, at variation i beroligelsesfasen (**areal150**), i høj grad afspejler effekten af den emotionelt betingede forstyrrelsesomkostning. Dette begrundes i en lav forklaringsgrad af intensitetsparameteren, men relativ høj forklaringsgrad af gentagelseshyppighed (se efterfølgende tekst).

Ved analyse for tilvænning til forskellige forstyrrelsestyper testes om variationen i **areal150** kan forklares ved parametrene: antal gentagelser samt forstyrrelsesintensitet.

### *Forstyrrelse med hund*

For forstyrrelse med langsomt drivende hund reduceredes **areal150** signifikant med 34 hjerteslag for hver gentagelse til og med 15 gentagelser ( $p < 0,01$   $N=76$ ). Dyrene blev udsat for hundeforstyrrelsen 30-40 gange hver. Efter 15 gentagelser forblev **areal150** på et konstant niveau svarende til 150 hjerteslag. Gentagelse og intensitet forklarer samlet 51 % af variationen i materialet ( $R^2=0,51$   $p < 0,001$ ). I tilvænningsperioden forklarer gentagelsen 24 % af variationen ( $R^2=0,24$   $p < 0,01$ ), mens intensitet forklarer 15 % ( $R^2=0,15$   $p < 0,05$ ). Der kunne ikke vises individforskel for dette tilvænningsmønster.

Da hundeforstyrrelser er meget variable er der i ovenstående beregninger korrigeret for forstyrrelsesintensiteten. For at forstå hvor meget en habituering betyder i forhold til det samlede antal ekstra hjerteslag ved forstyrrelsen, må en gennemsnitsværdi for forstyrrelsesintensitet (350 hjerteslag) derfor lægges til habitueringsniveauet. Udgangsresponsen for **areal150** bliver således 1.010 hjerteslag og habitueret niveau 500 hjerteslag, altså en reduktion i **areal150** på ca. 50 %. Imidlertid udgør **areal150** i gennemsnit kun 38% af det samlede forstyrrelsesindeks. Habitueringseffekten kan derfor estimeres til at kunne reducere det antal ekstra hjerteslag, som den første forstyrrelse kræver, med ca. 19%.

Materialet viser, at rådyrene i den første forsøgsfase (15 gentagelser) viser tilvænning til den drivende hund. Det kan naturligvis ikke forventes, at rådyrene tilvænner sig hunden i en sådan grad, at de ikke vil reagere på den. Af denne grund ses der ikke en fortsat faldende reaktion, når det enkelte rådyr har været udsat for mere end 15 forstyrrelser af samme type. Rådyret vil altid flygte, når hunden kommer i nærheden, men sandsynligvis reduceres den emotionelt betingede respons efter at rådyret lærer, at et bestemt flugtmønster løser problemet (hunden taber sporet).

Da der til enhver forstyrrelse er knyttet en relativt lang eftervirkningsperiode (afsnit 9), hvor energitabet ved den manglende fødeoptagelse er ca. lige så høj som energiforbruget ved selve forstyrrelsen, vil habituering kunne reducere de samlede energiomkostninger ved den først målte forstyrrelse med ca. 10 %.

### *Person som går uden for skovvej og får rådyret til at flygte*

For denne forstyrrelsestype kunne der ikke vises tilvænning for hverken den første eller den anden forsøgsperiode. Der var ingen signifikant effekt af hverken gentagelse eller intensitet. Det kan være vanskeligt at sige, hvorfor rådyrene ikke viser tilvænning til denne type forstyrrelse. Muligvis er rådyrene i den stærkt besøgte Hestehave Skov (se afsnit 14) allerede tilvænnet denne type forstyrrelse. Gåforstyrrelserne blev foretaget således, at personen kun gik indtil dyret flygtede, det blev ikke forfulgt. Måske er rådyrene via deres erfaring bevidste om deres mulighed for at flygte fra et øjeblikks møde med et menneske. Basisomkostningerne ved gåforstyrrelsen og cykelforstyrrelser, hvor dyret flygter, er tilsyneladende så dominerende, og den emotionelt betingede pulsstigning så beskeden, at eventuel yderligere gentagelsesreduktion forsvinder i den samlede variation.

Et relevant spørgsmål for de situationer, hvor rådyret flygter, er om flugtdistancen aftager med gentagelsen? Som allerede nævnt synes dette ikke at være tilfældet, da forstyrrelsesintensiteten ikke er en betydende faktor. Flugtdistancen, udregnet som en lineær afstand mellem dyrets udgangspunkt og stedet, hvor det søger skjul, korrelerer dog med areal150 ( $p < 0,01$   $N=80$ ), men forklarer kun 9 % af variationen ( $R^2=0,09$ ). At tage hensyn til denne beskedne sammenhæng i forklaringsmodellen for gentagelsens effekt, medfører ikke, at der kan vises signifikant tilvænning til gåforstyrrelsen.

Det er naturligvis interessant at kunne dokumentere tilvænning til menneskeskabte påvirkninger. Men det er vigtigt at huske, at tilvænningen for situationer, hvor dyret vælger at flygte, kun reducerer de samlede omkostninger med en beskedne størrelse. Tilvænning eliminerer ikke omkostningerne.

### *Cykelforstyrrelse fra skovvej*

I de tilfælde hvor afstanden til rådyret har været så stor (gennemsnit for hele året er  $60 \pm 6$  m), at dyrene ikke er flygtet, men hvor pulsen er steget, vurderes tilvænning ud fra forstyrrelsesindeks (metode 2, se afsnit 8). I denne metode tages der ikke hensyn til intensitet af forstyrrelsen, idet reaktionen på cykling ad skovvej afhænger af afstanden mellem rådyr og forstyrrelseskilden (se afsnit 10). Forstyrrelsesintensitet som defineret tidligere (areal over puls 150), kan ikke beregnes for så lave pulsrespons som ved cykelforstyrrelser, hvor dyrene ikke flygter.

Når rådyrene ikke flygter, kan det antages, at pulsresponsen udelukkende er betinget af den emotionelle faktor. Der er således ingen fysiske basisomkostninger forbundet med disse forstyrrelser.

Som for hundeforstyrrelserne viser beregningerne, at der er signifikant tilvænning, men kun over de første 7 gentagelser. Gentagelsen forklarer 35 % af variationen i materialet ( $R^2=0,35$   $p < 0,01$   $N=43$ ). For hver af de første 7 gentagelse falder forstyrrelsesintensiteten med 20 hjerteslag. For gentagelser ud over de 7 første kunne der ikke vises

nogen signifikant tilvænning. Tilsyneladende indstiller rådyrene sig, efter et vist antal forstyrrelser af samme type, på et bestemt og lavere reaktionsniveau (habituert niveau er  $32 \pm 7$  hjerteslag,  $N=43$ ) i forhold til første gang, de oplever forstyrrelsestypen.

På baggrund af antagelsen om, at det især er den emotionelt betingede pulsstigning, som kan reduceres ved gentagne forstyrrelser, er det forventeligt, at tilvænning kan vises for cykelforstyrrelser, hvor dyrene ikke flygter. Imidlertid er det interessant at konstatere, at der efter gentagne forstyrrelsesforsøg stadig forekommer en reaktion. Den emotionelle respons, som er forbundet med dyrets opmærksomhed (dyret sikrer) udgør tilsyneladende også en basisomkostning.

For de cykelforstyrrelser, som forårsagede, at rådyret flygtede, kunne der ikke vises signifikant tilvænning. Årsagen til dette resultat kan tolkes som for ovenstående gåforstyrrelse.

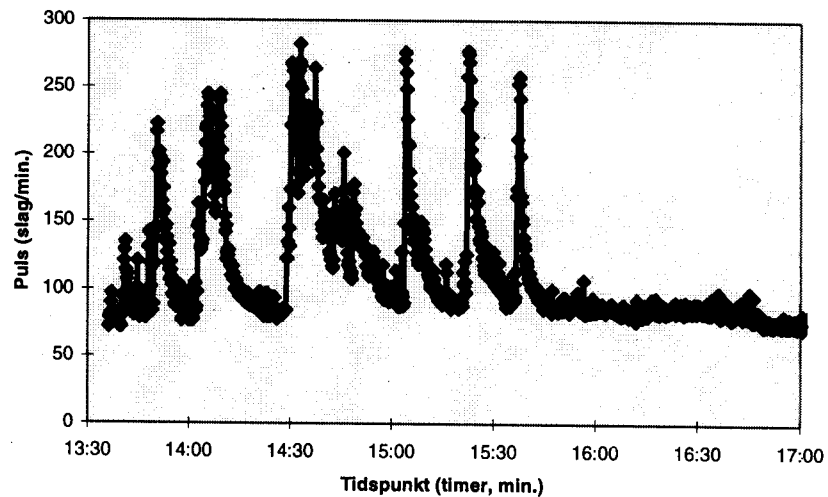
## 13 Orienteringsløb og jagt

Hverken orienteringsløb eller jagt har været hovedemne for denne undersøgelse. Imidlertid har vi foretaget enkelte punktundersøgelser for at have et sammenligningsgrundlag fra mere almindelige rekreative aktiviteter påvirkning til større arrangementer, som kan antages at have tydeligt større indvirkning på rådyrene.

For at simulere påvirkninger som de kan antages at forekomme i forbindelse med orienteringsløb, foretog vi 2 forsøg i Hestehave Skov. Forsøgene blev foretaget af 3 mand, udstyret med radioer til pejling af rådyret. Dyret blev løbende lokaliseret og skræmt op i et så hurtigt tempo som muligt over en samlet periode på 2 timer. Det resulterende pulsmønster for et af forsøgene (figur 17) viser gentagne typiske pulsstigninger og efterfølgende beroligelsesfaser, for hver gang dyret blev jaget op.

Under et orienteringsløb er det netop de gentagne forstyrrelser, som karakteriserer påvirkningen.

Beregninger over de orienteringsløbslignende forsøg giver et gennemsnitligt **forstyrrelsesindeks** på 10.874 hjerteslag, hvilket er ca. en faktor 6 højere end en enkeltstående forstyrrelse med hund. Forstyrrelsens **intensitet** er i gennemsnit 2.193 hjerteslag, hvilket er ca. en faktor 6 højere end for den gennemsnitlige hundeforstyrrelse. **Areal150**, som er et udtryk for den afsluttende beroligelsesfases størrelse, er efter orienteringsløbsforstyrrelserne 2.666, hvilket er en faktor 2,5 større end den mest intense hundeforstyrrelse. Disse resultater indikerer, at høje forstyrrelsesintensiteter (langvarige og med stor styrke) resulterer i en kraftigt forlænget beroligelsesfase, men påvirker tilsyneladende ikke eftervirkningsperioden (99 minutter) i betydelig omfang.



Figur 17. Diagram over et rådyrs puls, hvor det blev forstyrret af løbere i en periode på 2 timer, fra 13.45 til 15.45.

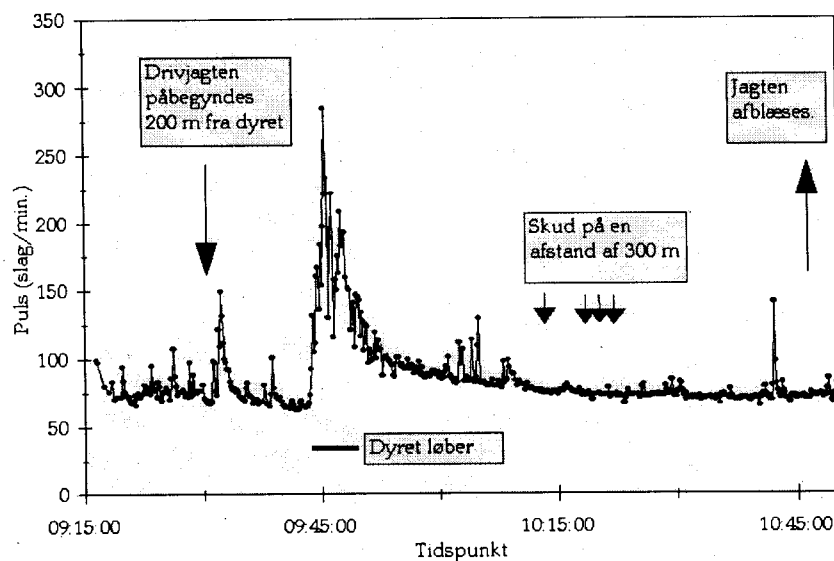
I forbindelse med afholdelse af danmarksmesterskabet i orienteringsløb 1996 i Klinteskoven ved Møns Klint blev rådyrenes benyttelse af de udpegede vildtlommer undersøgt. Rådyrene søgte i høj grad ind i vildtlommerne, men flygtede i lige så høj grad ud igen, enten på grund af løbere, som ikke respekterede lommerne, eller fordi lommerne ikke ydede den nødvendige dækning. Arbejdet resulterede i en række anbefalinger, som vil kunne sikre, at vildtlommerne fungerer bedre, og forstyrrelser af råvildtet begrænses (Olesen et al 1997).

Anbefalinger i forbindelse med etablering af vildtlommer :

- Mindst 10 % af skovens areal bør udlægges som vildtlommearealer.
- Der bør maksimalt være 1.000 m mellem vildtlommerne.
- Vildtlommerne fordeles jævnt over løbsområdet.
- Det bør tilstræbes at der ikke løbes på alle 4 sider af nogen vildtlomme.
- Vildtlommernes størrelse afpasses efter bevoksningens mulighed for at yde dækning.
- Ung nåletræsbevoksning med god dækning bør prioriteres i vildtlommearealerne.
- Vildtlommernes størrelse bør minimalt være 5 ha.
- Vildtlommerne skal have mindst mulig omkreds i forhold til areal.
- Vildtlommerne respekteres bedst af løbere, hvis de afgrænses af naturligt synlige grænser og afmærkes.

Der kan ikke herske tvivl om, at jagtudøvelse er en væsentlig årsag til at rådyrene frygter mennesket, men der kan være stor forskel på, i hvor høj grad forskellige jagtformer virker forstyrrende. Ved drivjagt, hvor der er mange jægere i skoven, og hvor dyrene drives med hund eller klappere, er det som for orienteringsløb vigtigt, at der findes nærliggende forstyrrelsesfrie områder, hvor dyr, som undslipper, hurtigt kan finde skjul. I forsøget, som er illustreret i figur 18, flygter

dyret ud af såten efter at være jaget op af driverne. Rådyret søger ind i en tæt, ung sitkagranbevoksning i en afstand af 300 m fra skytterne. I sitkabevoksningen er dyret i god dækning og pulsen falder parallelt med, hvad der observeres for andre typer af forstyrrelse, hvor dyrene flygter. Det er dog overraskende, at rådyrets puls ikke stiger ved skudafgivelse på en afstand af 300 m. Muligvis er der tale om en tilvænning til skudafgivelse, idet Jægerskolens skydebane ligger inden for 2.000 m fra dyrets normale aktivitetsområde.

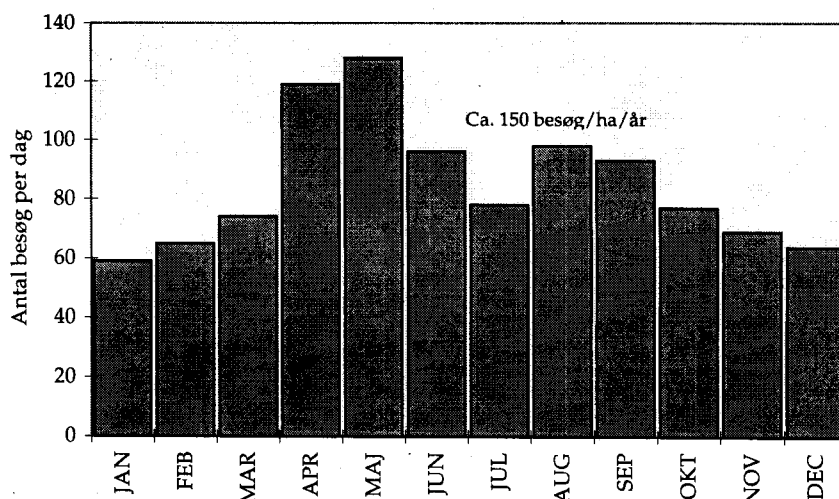


Figur 18. Pulskurve for et rådyr under en drivjagtsituation. Der afgives skud med jagtgevær, men ikke mod dyret.

## 14 Hyppighed og fordeling af besøgende i skoven

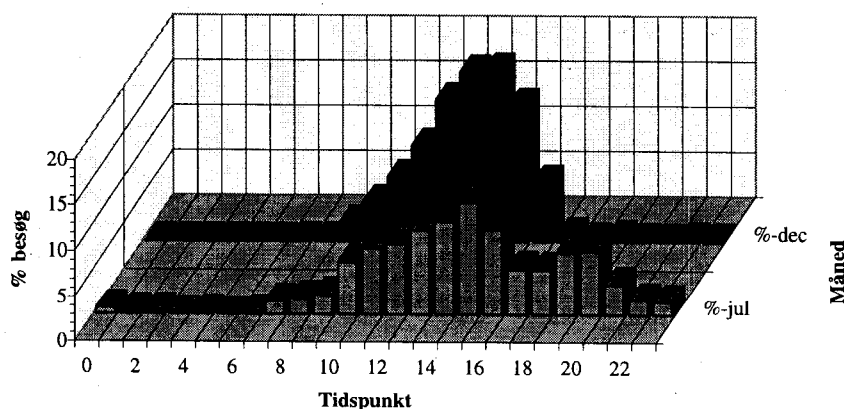
Hestehave Skov er et yndet udflugtsmål for lokale beboere fra Rønneby, hvor det sydligste parcelhusområde ligger ca. 500 m fra skovens nordlige afgrænsning. Ud over lokalbefolkningen besøges skoven og Kalø slotsruin af et stort antal turister. Hestehave Skov "belastes" således med 150 personer/ha/år eller et årgennemsnit 85 personer per dag. Den største søgning til skoven er i maj måned, hvor der er registreret et gennemsnit på 128 personer per dag. I det tidlige efterår (august og september) er besøgsintensiteten også høj, mens der i vinterperioden kun kommer ca. 60 personer i skoven per dag, hvilket er under halvdelen af spidsbelastningen for maj måned (figur 19).





Figur 19. Sæsonvariation i antal skovgæster i Hestehave Skov, Kalø. I forhold til skovens areal på 200 ha svarer "belastningen" til ca. 150 personer/ha/år eller et årsgennemsnit på 85 personer/dag.

Besøgene i Hestehave Skov fordeler sig over døgnet i god overensstemmelse med svingningen i døgnets lyse timer. Både i sommer og vinterperioden er der flest mennesker i skoven først på eftermiddagen. I sommerperioden er der besøgende i skoven fra tidlig morgen til efter midnat, og der ses et tydeligt lavpunkt omkring spisetid (kl. 17-18). I vinterperioden samles besøgene i skoven på færre af døgnets timer. I december måned er der praktisk talt ikke besøgende i skoven ud over perioden kl. 8-17 (figur 20).



Figur 20. Procentuel fordeling af besøgende i Hestehaven (Kalø) over døgnet i månederne juli og december.

Det er vanskeligt at angive eksakte tal for sandsynligheden for, hvor mange gange dagligt et rådyr forstyrres, idet hverken rådyr eller mennesker fordeler sig tilfældigt i skoven. Andre undersøgelser har vist, at den gennemsnitlige varighed af et skovbesøg er 1,3 timer for Århus Amt (Jensen & Koch 1997). Ved en beskeden vandringshastighed på 3 km/t og en potentiel forstyrrelseszone på 40-75 m på begge sider af vejen (se figur 9 og 10) vil en person kunne påvirke et areal

på mellem 31 og 55 ha, svarende til 16-28 % af skovarealet i Hestehave Skov. Ved en gennemsnitlig besøgsfrekvens på knap 100 personer i døgnet er det ikke urealistisk at antage, at en del dyr oplever forstyrrelser flere gange dagligt.

## 15 Energetiske konsekvenser ved forstyrrelse af rådyr

Begrundelsen for at anvende puls som mål for forstyrrelse er dels, at det er en meget følsom målemetode, dels, at der i de fleste tilfælde er god overensstemmelse mellem puls og energiforbrug. I dette forsøgsarbejde har det ikke været muligt at foretage respirationsforsøg parallelt med pulsregistreringer. Resultater fra respirationsundersøgelser med rådyr må således hentes fra litteraturen.

Sammenhængen mellem puls og energiforbrug kan beskrives ved formlen :

$$VO_2 = (f) (sv) (Cao_2 - Cvo_2)$$

hvor :

$VO_2$  = iltforbruget - ml  $O_2$ /min  
 $f$  = hjertefrekvens (puls) - slag/min  
 $sv$  = hjertets slagvolumen - l  
 $Cao_2$  = arterielt blods  $O_2$  indhold - ml  $O_2$ /l  
 $Cvo_2$  = venøst blods  $O_2$  indhold - ml  $O_2$ /l

Iltforbruget kan omregnes til energi ved hjælp af ilts kaloriske koefficient. Denne varierer en smule med værdien af den respiratoriske kvotient RQ. RQ er konstant ved konstant fordeling mellem protein, fedt og kulhydrat i føden. Inden for den enkelte sæson kan dette antages at være tilnærmelsesvis sandt for rådyrene. Maksimal variationsbredde for ilts kaloriske koefficient (4,73-5,09 kcal/ $lO_2$ ) er 8 %.

Blodets evne til at afgive ilt til muskelvævet påvirkes af temperatur, men da denne er relativt konstant hos homeoterme (ensvarme) dyr, er temperaturparameteren ikke af væsentlig betydning for pattedyr.

Ved stigende arbejdsbelastning falder iltindholdet i det venøse blod. Dette sker på trods af en samtidig øgning af blodforsyningen til musklerne. Variationsbredden i menneskets evne til at udnytte den ilt som transporteres via blodet er 160 % (50-130 ml  $O_2$ /l), men faktoren stiger lineært med energiforbruget.

Hjertets slagvolumen kan forandres ved fysisk arbejde, men for et menneske, som ikke er toptrænet, forandrer hjertets slagvolumen sig

maksimalt 40 % (80-110 ml/slag). Forandring i slagvolumen er ikke lineær.

Et rådyrs puls kan derimod forandre sig med 400 % (fra 60 til ca. 300). Selv om hjertets slagvolumen ikke er lineært stigende med arbejdsbelastning, er betydningen så lille, at kombinationen af puls og slagvolumen (hjertets minutvolumen, cardiac output) er lineært stigende med stigende energiforbrug hos mennesket. Samlet betragtet vil pulsen, med den store variationsbredde, være den mest betydende parameter for beregning af energiforbruget (Åstrand & Rodahl 1970, Fox 1979, Guyton 1984).

Disse relationer betyder, at der er tilnærmelsesvis lineær relation mellem hjertefrekvens og energiforbrug. En række artikler påviser disse forhold (Olesen 1994), men påpeger dog, at den variation som forekommer, er relateret til emotionelt betingede pulsstigninger, der ikke er forbundet med en fysisk udfoldelse. Når det er umuligt at udskille emotionelt betinget pulsstigning fra pulsstigning som funktion af bevægelse (arbejde), kan hjertefrekvensmålet til en vis grad overvurdere omkostningerne ved en forstyrrelse.

I situationer uden menneskeskabte forstyrrelser tyder vores materiale på, at emotionelt betingede pulsstigninger er meget kortvarige og derfor udgør en meget beskedent andel af energiforbruget.

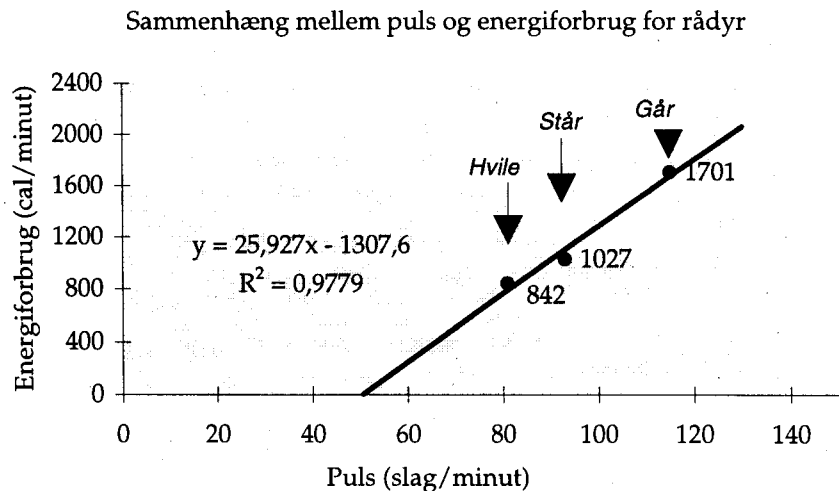
For at kunne anvende relationerne mellem puls og energiforbrug, er det nødvendigt at estimere en energiomkostning for hvert hjerteslag. Da der ikke findes resultater, hvor pulsmålinger og respirationsmålinger er udført parallelt, må respirationsdata fra Weiner (1977) kombineres med dette studies resultater for sæson- og adfærdsspecifik puls. Weiner måler energiforbruget i "hvile" omregnet til et dyr på 22 kg til 1.212 kcal/dag svarende til 842 cal/minut. Energiforbruget for adfærdstyperne "står" og "går" er henholdsvis 1.027 cal/min. og 1.701 cal/min. De korresponderende sæsonspecifikke pulsniveauer (beregnet v.h.a. formlerne i afsnit 7) er henholdsvis 80,92 og 114 hjertereslag/min. (figur 21).

Der vil naturligvis være usikkerhed, når det ikke er samme dyr, målingerne er foretaget på, men usikkerhederne vurderes som værende små. Weiner har anvendt semidomestiserede dyr i respirationskammeret. Disse dyr kan ikke antages at have emotionelt betingede respirationsstigninger, idet de har været tilvænnet laboratorieforholdene. Fra de fritlevende rådyr på Kalø er der kun anvendt observationer, hvor dyrene har været uforstyrrede. I disse situationer antages ligeledes, at der ikke har været emotionelt betingede faktorer til stede.

Estimeringen af energiomkostningerne kan kun baseres på gennemsnitsværdier for tre adfærdstyper, men relationen er lineær. Energiomkostningen per hjerteslag estimeres til 26 cal. (figur 21).

Nyere respirationsforsøg (Mauget et al. 1997) angiver hvilestofskifte-værdier svarende til 1.162 kcal/dag for et rådyr ♀♀ (22 kg) i sommerperioden. Således ligger disse værdier blot 5 % lavere end værdierne fra Weiner (1977). Baseret på en række forsøg med dobbelt radioaktiv

mærket vand viser Robbins (1993), at det daglige energiforbrug for fritlevende terrestriske pattedyr kan udtrykkes ved formelen  $Y = 160 X^{0.72}$ . Ved anvendelse af denne formel har et rådyr på 22 kg et dagligt energiforbrug på 1.481 kcal. Beregnet ved hjælp af respirationsundersøgelser (Weiner 1977) og pulsresultater fra dette forsøg vil tilsvarende værdi være 1.661 kcal, en afvigelse på 11 %. Denne afvigelse er et overslag for, hvor stor den samlede usikkerhed for energiberegningerne kan være.



Figur 21. Estimering af energiomkostning per hjerteslag for et "standard" rådyr ♀♀ på 22 kg i midten af juli måned. Respirationsmålinger (Weiner 1977) er kombineret med den sæson- og adfærdsspecifikke puls (afsnit 7).

Ved at anvende disse data kan de energimæssige omkostninger for forskellige scenarier af forstyrrelser estimeres. Betingelsen for, at dette kan lade sig gøre, er en ekstrapolation af energi-pulsrelationen, fundet i figur 21. Estimatet udføres kun for sommerperioden. Der eksisterer kun respirationsresultater for forskellige aktiviteter for sommerperioden.

Estimering af energimæssige omkostninger ved forstyrrelse foretages i forhold til et rådyrs døgnenergibudget ud fra modellerne (Olesen et al. in prep.):

Energiforbrug ved forstyrrelse per døgn :

$$E_{\text{budget}} = E_{\text{hvile}} + E_{\text{fstyr}} + E_{\text{a-hdif}}$$

hvor

$E_{\text{budget}}$  = Energiforbrug per døgn, incl. forstyrrelse *cal/dag*

$E_{\text{hvile}}$  = Energiforbrug i hvile per døgn - 1.212.000 *cal/dag*

$E_{\text{fstyr}}$  = Energiomkostning ved forstyrrelse [Forstyrrelsesindeks *hjerteslag* × 26 *cal/hjerteslag*].

Ea-hdif = Merenergiforbrug fra hvile til normal aktivitet for den uforstyrrede del af døgnet. [1.440 minutter - (varighed af forstyrrelse + varighed af eftervirkning minutter) x 12\* hjerteslag/minut) x 26 cal/hjerteslag].

\* Sæsonuafhængig pulsforskel på hvile og normalaktivitet er 12 slag/min. (afsnit 4 og 7)

Kursivskrift angiver enheder og [ ] angiver beregningsmåden.

Ud over energiforbruget ved selve forstyrrelsen taber dyret energi i den periode, hvor det er forhindret i at optage føde. For at kunne kvantificere dette tab må man tage udgangspunkt i, at der normalt er balance i energiforbrug og energioptagelse på døgnbasis. Det vil sige, at der normalt skal indtages føde, som modsvarer energiforbruget ved uforstyrret aktivitet. Energitalet ved manglende fødeoptagelse kan således beregnes som:

$$E_{\text{føde}} = E_{\text{akt}} \times A_{\text{tid}}$$

hvor

$E_{\text{føde}}$  = Manglende energiindtag pga. forstyrrelses- og eftervirkningsperiode cal/døgn.

$E_{\text{akt}}$  = Energiforbrug ved uforstyrret aktivitet cal/døgn. [Ehvile + (1.440 minutter x 12 hjerteslag/minut x 26 cal/hjerteslag)].

$A_{\text{tid}}$  = Andelen af døgnet, hvor dyret er forhindret i normal fødeoptagelse.

Daglig energiforbrug ved uforstyrret aktivitet ( $E_{\text{akt}}$ ) for rådyr (medio juli) er 1.661 kcal., svarende til en forhøjelse af hvileenergiforbruget med 37 %.

Den samlede energiomkostning ved forstyrrelsen, og dermed hvor meget energi rådyret skal optage for at kompensere for forstyrrelsen, udregnes ved at benytte de to ovenstående resultater.

$$\Sigma E_{\text{omkost}} = E_{\text{føde}} + (E_{\text{budget}} - E_{\text{akt}})$$

Modelberegningerne viser, at energiomkostningerne ved enkeltstående forstyrrelser, hvor dyret flygter, ligger i samme størrelsesorden. Når dyret flygter koster det 7 - 9% af det daglige energibehov for uforstyrret aktivitet ( $E_{\text{akt}}$ ). For påvirkninger, hvor rådyrene ikke flygter (emotional reaktion) og ikke blokerer for normal fouragering i den tid, de skjuler sig, er omkostningerne forsvindende små (0,2 % af  $E_{\text{akt}}$ ) (tabel 6).

Tabel 6 : Resultater fra modelberegninger over energiomkostninger ved enkeltforstyrrelser af forskellig type.

Forstyrrelses type	Forstyrrelsesindeks. <i>hjerteslag</i>	Energiomkostning ved forhøjet puls <i>% af Eakt</i>	Varighed [forstyrrelse + eftervirkning] <i>minutter</i>	$\Sigma$ energiomkostning. <i>Kcal/dag</i>	$\Sigma$ energiomkostning. <i>% af Eakt</i>
Cykel på skovvej. Dyret bliver	58	0,1	3 (3+0)	4,0	0,2
Cykel på skovvej. Dyret flygter	909	1,4	111 (29+82)	117,1	7,0
Person går uden for skovvej	1.120	1,8	114 (32+82)	125,1	7,5
Drivende hund	1.690	2,6	126 (44+82)	150,0	9,0
2 timers gentagne forstyrrelser	10.874	16,7	253 (120+99)	457,3	27,1
6 timers gentagne forstyrrelser (teoretisk eks.)	32.622	50,1	493 (360+99)	1.293,4	76,5

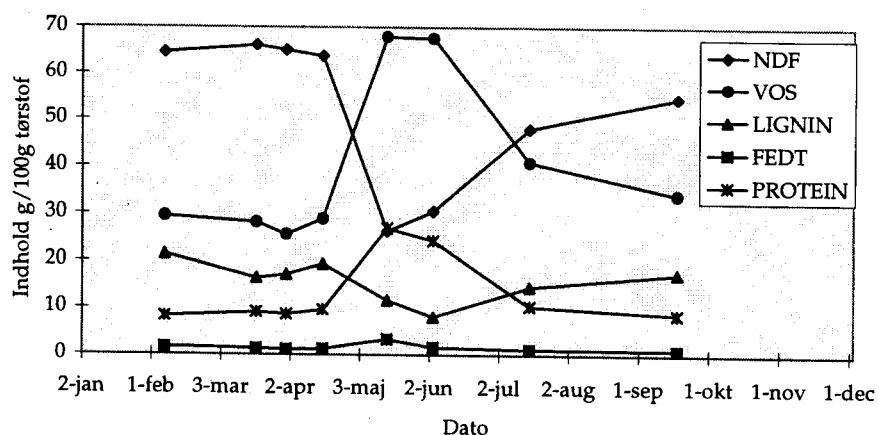
For enkeltstående forstyrrelser er tidsforbruget i forstyrrelsesperioden og ved eftervirkningens hvileperiode af stor betydning for den samlede omkostning. Når dyret forstyrres gentagne gange, som eksemplet med 2 og 6 timers forstyrrelse, bliver den direkte effekt af den forhøjede puls dog mere betydende end energitabet ved den manglende fødeoptagelse.

I forbindelse med et forsøg på at simulere effekterne ved et orienteringsløb blev der foretaget gentagne forstyrrelser af rådyr i perioder af 2 timers varighed (afsnit 13). Energiomkostningen ved denne type forstyrrelse udgør 27,1 % af det daglige energiforbrug under uforstyrrede forhold. Et orienteringsløb vil typisk vare 6 timer, og forudsat at rådyret ikke finder forstyrrelsesfrie områder vil omkostningen svare til 76,5 % af Eakt.

Det er endnu ikke fuldt klarlagt, om den periode, som dyrene ligger i skjul efter flugten, forandres ved mange enkeltstående forstyrrelser over døgnet. Det kan dog antages, at fødebehovet på et tidspunkt bliver så dominerende, at rådyret må tage den risiko, det er at forlade sit skjul tidligere end normalt. I scenariet hvor 2 timers forstyrrelsen er skaleret op til en 6 timers forstyrrelse er der ikke regnet med en forlænget eftervirkningsperiode. I de to forsøg med forstyrrelse over 2 timer målt eftervirkningsperioden til et gennemsnit på 99 minutter.

Hvor ofte et rådyr kan klare at blive forstyrret hænger nøje sammen med den tilgængelige føderessource, mængde og kvalitet. Med andre ord vil rådyr i et område med gode ernæringsbetingelser, alt andet lige, kunne klare flere forstyrrelser end rådyr, som lever i et område med få ressourcer. Med henblik på at vurdere rådyrenes mulighed for at kompensere for forstyrrelsens energitab, er der foretaget en

række kemiske analyser på forskellige plantearter over året. I figur 22. er vist et eksempel på sæsonvariationen i kemisk sammensætning for bøgeknepper og bøgekimplanter, som er en af de analyserede plantearter, der selekteres af rådyrene i både vinter- og sommerperioden. Ud fra de kemiske analyser kan planternes indhold af fordøjelig energi beregnes (Weisbjerg & Hvelplund 1993).



Figur 22. Sæsonvariation i kemisk sammensætning og fordøjelighed af bøgeknepper og bøgekimplanter. NDF er et fællesmål for hemicellulose, cellulose og lignin (fiberfraktion). VOS er in vitro fordøjelighed af organisk stof.

Det kan være vanskeligt at forholde sig til et antal kilocalorier som mål for omkostningerne ved forstyrrelse. Omkostningerne kan dog også illustreres ud fra en beregning af den fødemængde, som rådyret må optage som kompensation (A), eller den mængde depotenergi, det må anvende, hvis fødeoptagelse er umulig (B).

- A) Rådyrets føde består oftest af en række plantearter, som selekteres efter kvalitet. For eksemplets skyld antages, at rådyret kun kan finde bøgekimplanter i en fourageringsperiode efter en forstyrrelse. I midten af juli måned er det fordøjelige energiindhold i bøgekimplanter 191 kcal/100 g tørstof, svarende til ca. 48 kcal/100 g friskvægt. Kvaliteten er faldet væsentligt siden maj/juni, hvor energiindholdet er så højt som knap 300 kcal/100 g tørstof (figur 22).

For at kompensere for en orienteringsløbslignende forstyrrelse på 6 timer skal rådyret, i juli måned, finde og æde 2,7 kg bøgekimplanter. Inden for samme døgn vil det være umuligt for rådyret at optage denne ekstra fødemængde, idet rådyret maksimalt æder 3-3,5 kg/dag på denne årstid (Cederlund & Lieberg 1995). Drøvtyggernes fysiologi og anatomi forhindrer dem i at kompensere gennem stærkt forøget fødeoptagelse. Muligheden for at kompensere gennem selektion for bedre kvalitet er ringere i sommerperioden. I juli måned er bøgekimplanter, i forhold til andre fødeemner, af ganske høj kvalitet.

En enkelt forstyrrelse fra en person i skoven eller en løs hund vil kræve en ekstra fødeoptagelse på ca. 310 g friske bøgekimplanter.

- B) Er det umuligt at kompensere ved forøget energioptagelse, må dyret bruge sine eventuelle fedtreserver. Norske undersøgelser (Holand 1992) viser, at en rå i efterårsperioden har et fedtindhold i kroppen på maksimalt 9,2%. For en rå på 22 kg med ca. 4 kg mave-tarmindhold svare dette til 1,3 kg fedt. Af disse fedtdepoter vil ikke alt kunne mobiliseres. Med udgangspunkt i den sæson, hvor depoterne er størst, vil disse være tømt efter maksimalt 9-10 dages forstyrrelser af en varighed på 6 timer. Et enkelt døgn med 6 timers forstyrrelse koster 136 g depotfedt.

En enkelt forstyrrelse fra en løs hund koster ca. 16 g depotfedt og energireserverne vil række til maksimalt 81 forstyrrelser, hvis energidepoterne ikke suppleres sideløbende. Det er kun få måneder om året, hvor rådyret kan opbygge sine fedtdepoter (Cederlund & Liberg 1995).

Følgerne af en eventuel reduktion i depotenergi hos rådyr vil først vise sig for lammene, som er afhængige af moderens mælkeydelse. I områder med hyppige menneskeskabte forstyrrelser vil det samlede udbytte ved at fouragere blive for lille i forhold til indsatsen. Normalt vil dette føre til, at dyrene udvander fra området. For en del mennesker, som tillægger det at se rådyr i skoven en stor værdi, vil naturoplevelsen forringes.

## 16 Diskussion og konklusion

Med det formål at undersøge betydningen af menneskeskabte forstyrrelser har vi udviklet udstyr til måling af fritlevende rådyrs puls. Udstyret vejer samlet knap 500 g. Et lille implantat og en elektrode indopereres på dyret. Radiosender og batteri bæres i et halsbånd. 6 rådyr har båret udstyret i over et år og har gennemlevet et normal reproduktionsforløb. Måleudstyret er meget nøjagtigt og fintfølede og kan registrere enhver menneskeskabt påvirkning, som rådyret udsættes for.

Et rådyrs puls afhænger både af årstiden og dyrets adfærd. I sommerperioden er rådyrenes puls væsentligt forøget. Hvilepulsen er i vinterperioden 66 slag/min, mens den i juni måned er knap 100 slag/min. Denne sæsonafhængighed har kunnet vises og beskrives som en sinusfunktion for både en normal døgnaktivitet og for en række adfærdstyper. Der er således udviklet matematiske modeller, som tillader at beregne den aktuelle puls på en vilkårlig årstid.

Forstyrrelsestyperne cykling på skovvej, person gående uden for skovvej og forstyrrelse med drivende hund (Tysk jagtterrier, 8 kg) blev foretaget på de radiomærkede dyr over en periode på 6 måneder.



*En række parametre karakteriserer en forstyrrelse:*

Puls,

Varighed af forstyrrelsen og varighed af efterfølgende hvileperiode.

Afstand mellem forstyrrelseskilde og dyr

Mulighed for skjul/dækning

Tilvænning

Samlet energiforbrug

Pulsstigning forårsaget af en forstyrrelse er primært afhængig af, om dyret flygter eller bliver stående. For over halvdelen af cykelforstyrrelserne fra skovvej, kunne en svag pulsstigning observeres, men dyrene blev stående. I de resterende tilfælde flygtede dyret og den samlede omkostning ved forstyrrelsen, udtrykt ved antal hjerteslag over hvilepulsen (forstyrrelsesindeks), kunne ikke adskilles fra omkostningerne ved forstyrrelse fra en person, som går uden for skovvej. En løs drivende hund medførte derimod en større varighed og styrke af forstyrrelsen (intensitet), hvilket resulterede i den absolut højeste omkostning.

Varigheden af en forstyrrelse er af væsentlig betydning for de samlede omkostninger. Adfærdsmønstret ved påvirkninger, hvor dyret flygter, medfører altid, at dyret søger skjul og hviler ud. Varigheden af en forstyrrelse kan derfor opdeles i den periode, hvor dyrets puls er forhøjet, samt den efterfølgende periode, hvor dyret forbliver i dækning og hviler ud. Den efterfølgende hvileperiodes længde er i gennemsnit 1 time og 22 minutter, hvor dyret ikke tager føde til sig.

Betydningen af afstanden mellem forstyrrelseskilden og dyret, samt dækningens betydning, kan illustreres ved grænseværdien for, hvornår et rådyr flygter ved en cykelforstyrrelse fra skovvej. I vinterperioden, hvor der er dårlige dækningsmuligheder, flygter dyrene, når afstanden er mindre end 75 m, mens dyrene i sommerperioden med god dækning først flygter, når afstanden er mindre end 40 m. Der skal ganske voldsomme eller vedvarende forstyrrelser til, før et rådyr forlader sit normale aktivitetsområde (home range). Enkeltforstyrrelser med hund, gående uden for skovvej eller cykling på skovvej, fik ikke rådyrene til at flygte ud af deres home range.

Om en person cykler eller går på en skovvej er sandsynligvis uden betydning for den forstyrrende effekt.

Et besøgsantal på 150 skovgæster/ha/år (i gennemsnit 85 personer per dag) i Hestehave Skov påvirker fordelingen af rådyr i dagtimerne således, at de vejnære arealer benyttes væsentligt mindre end arealer som ligger længere fra skovvejene. Dette mønster er ikke undersøgt i perioden efter solnedgang, hvor forstyrrelsespresset er lavt. I denne periode er det muligt, at rådyrene udnytter de vejnære områder. Unge nåletræsbevoksninger er meget betydningsfulde som forstyrrelsesfrie områder, hvor dyrene kan søge tilflugt og føle sig trygge.

Rådyrene kan tilvænne sig forstyrrelse fra en langsomt drivende hund. Men selv efter tilvænning er forstyrrelse fra en løs hund dog

den mest omkostningsfulde enkeltforstyrrelse. Tilvænnning estimeres til at kunne reducere energiomkostningerne med ca. 10 %. Der må naturligvis tages forbehold for, at resultaterne kunne være anderledes hvis forsøgene havde været udført med en anden hunderace. En større jagthund kan, teoretisk set, løbe vildtet op. Rådyrene viste ingen tilvænnning til forstyrrelser fra gående personer uden for skovvej. Dette skyldes sikkert, at rådyrene i den velbesøgte Hestehave Skov allerede er tilvænnet disse aktiviteter. Kun ved forstyrrelsestyper hvor vildtet ikke forfølges kan det antages, at tilvænnning foregår ved at flugt, eller længden af flugten, reduceres og erstattes af mindre energikrævende reaktioner.

Ca. 40 % af cykelforstyrrelserne fra skovvej gav ikke anledning til pulsstigning - dyrene registrerede ikke cyklen. I 27 % af forsøgene førte påvirkningen til en beskeden pulsstigning, og i de resterende 33% flygtede dyret. Når dyret ikke flygter, er pulsstigningen udtryk for ren emotionel pulsstigning. Det er den emotionelle pulsstigning, som reduceres ved tilvænnning. Således kunne der vises tilvænnning ved cykelforstyrrelser, hvor dyrene ikke flygtede. Når de flygtede, var omkostningen på linje med en forstyrrelse fra en gående person uden for skovvej.

For nogle forstyrrelsestyper kan der vises et statistisk sikkert fald i dyrenes reaktion ved gentagne forstyrrelser. Dette må imidlertid ikke lede til den misforståelse, at det vil hjælpe på dyrenes situation, hvis de forstyrres ofte. Dels tyder vore resultater på, at stigende forstyrrelsesintensitet medfører en forlænget beroligelsesfase, dels er hovedomkostningen bundet til dyrets flugt. Tilvænnning fjerner ikke omkostningen ved forstyrrelse. Beregninger viser, at tilvænnning kan reducere omkostningerne ved forstyrrelse med ca. 10 %.

Pulsen kan benyttes til at udregne den energi, som rådyret mister ved en forstyrrelse. Hvis rådyrets puls stiger, men dyret bliver stående, når et menneske cykler på en skovvej, er energiomkostningen næsten umålelig. Medfører en forstyrrelse derimod, at rådyret flygter en enkelt gang, svarer omkostningen til 7-9% af det daglige energiforbrug for uforstyrrede dyr. Et orienteringsløb over 6 timer, hvor dyret forstyrres af mange løbere, kræver en ekstra energioptagelse svarende til ca. 77 % af det daglige energiforbrug.

For at kompensere for energitabet ved 6 timers forstyrrelse skal rådyret (i juli måned) æde ekstra 2,7 kg føde. Da rådyr maksimalt optager 3-3,5 kg føde per døgn, kan det ikke lade sig gøre at kompensere inden for det samme døgn. Er det nødvendigt at mobilisere eventuelle fedtreserver, kræver 6 timers forstyrrelse ca. 136 g depotfedt. I forhold til et dyr i sin bedste efterårskondition vil energidepoterne være udtømt efter 9-10 dages massive forstyrrelser. Hvis rådyret f.eks. forstyrres med løs hund, eller person uden for skovvej en enkelt gang hver dag, vil depotterne være opbrugt efter ca. 81 dage, forudsat at dyret ikke kan opbygge energidepoter i denne periode. Da en enkeltstående forstyrrelse med hund eller menneske, som får rådyret til at flygte, betyder, at dyret skal optage omkring 300 g ekstra føde, kan effekten af flere forstyrrelser om dagen hurtigt få konsekvenser for dyrenes reproduktionsmuligheder.

Orienteringsløb, som er en væsentlig omkostning for rådyrene, forekommer normalt ikke gentagne gange på samme lokalitet. Hvis der udlægges optimale vildtlommer skønnes det, at effekten på det enkelte dyr vil kunne nedsættes betragteligt.

Drivjagt vil i enkelte tilfælde kunne sammenlignes med orienteringsløb, men normalt er jagtområdet opdelt i såter, således at kun delområder bejages. I jagtsituationen er det således også vigtigt, at der ikke jages i alle såter på samme dag. Vil man bevare en god rådyrbestand bør der, som ved orienteringsløb, friholdes områder med god dækning.

At bevæge sig på cykel eller til fods på en etableret skovvej vil, i de tilfælde hvor dyrene er 40-75 m fra vejen (afhængig af dækning), være uden praktisk betydning for vildtet.

## 17 Referencer

- Cederlund, G. & Liberg, O. 1995: Rådjuret, viltet ekologin och jakten. pp. 300. Svenska Jägareförbundet.
- Coutant, A.E.; Theil, P.K. & Olesen, C.R. in prep.: Roe deer habituation to human recreational disturbances quantified by heart rate measurements.
- Fox, E.L. 1979: Sports Physiology. Saunders.p 367
- Guyton, A.C. 1984: Physiology of the human body. sixth edition. Holt-Saunders. p.691.
- Holand, Ø. 1992: Seasonal variation in body composition of European roe deer. Can. J. Zool. 70: 502-504.
- Jensen, F. S. & Koch, N.E. 1997: Friluftsliv i skovene 1976/77 - 1993/94. Forskningsserien nr. 20, Forskningscenteret for Skov & Landskab, Hørsholm. 215 p.
- Jeppesen, J.L. 1987a: The Disturbing Effects of Orienteering and Hunting on Roe Deer (*Capreolus capreolus*). Dan. Rev. Game Biol. 13(3): 1-24.
- Jeppesen, J.L. 1987b: Impact of Human Disturbance on Home Range, Movements and Activity of Red Deer (*Cervus elaphus*) in a Danish Environment. Dan. Rev. Game Biol. 13(2): 1-38.
- Koch, N.E. & Jensen, F. S. 1988: Skovenes Friluftsfunktion i Danmark. IV. Del. Befolkningens ønsker til skovenes og det åbne lands udformning. Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark. Beretning nr. 351 bd. XLI, h.3 : pp 516.
- Madsen, J.; Asferg, T.; Clausager, I. & Noer, H. 1996: Status og jagttider for danske vildtarter. Tema-rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser. p. 112.
- Mauget, C; Mauget, R. & Sempéré, A. 1997: Metabolic rate in female European roe deer (*Capreolus capreolus*): incidence of reproduction. Can. J. Zool. 75: 731-739.
- Olesen, C.R. 1994: Fauna og Friluftsliv. En litteraturudredning om menneskeskabte forstyrrelser af større pattedyr. Faglig rapport fra DMU, nr. 126. p.67.
- Olesen, C.R.; Coutant, A.E. & Theil, P.K. 1997: Større O-løb og forstyrrelse af råvildt. Skoven 1997 nr. 1 : 6-9.
- Olesen, C.R. & Andersen, H.R. in prep.: Pace electrodes and implants used in heart rate studies of free ranging roe deer.
- Olesen, C.R.; Theil, P.K & Coutant, A.E. in prep.: Daily and seasonal activity pattern of undisturbed roe deer based on heart rate studies.

Olesen, C.R.; Theil, P.K & Coutant, A.E. in prep.: The impact of human disturbance on the energy budget of free ranging roe deer.

Robbins, C. T. 1993: Wildlife Feeding and Nutrition. Academic Press. p.352.

Theil, P.K.; Coutant, A.E. & Olesen, C.R. in prep.: Seasonal changes and activity dependent variation in heart rate of roe deer.

Strandgaard, H. 1972: An investigation of Corpora lutea, embryonic development, and time of birth of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Denmark. Danish Review of Game Biology vol.6, No. 7, pp. 1-22.

Weiner, J. 1977: Energy Metabolism of the Roe Deer. Acta Theriologica Vol. 22, 1: p 3-24..

Weisberg, M.R. & Hvelplund, T. 1993: Bestemmelse af nettoenergiindhold ( $FE_v$ ) i foder til kvæg (Estimation of net energy content (FU) on feeds for cattle. Forskningsrapport nr. 3 fra Statens Husdyrforsøg. P. 39.

Åstrand, O. & Rodahl, K 1970: Textbook of work physiology. McGraw-Hill. p.756.



# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat  
Forsknings- og Udviklingssektion  
Afd. for Atmosfærisk Miljø  
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi  
Afd. for Miljøkemi  
Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejløvej 25  
Postboks 413  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi  
Afd. for Terrestrisk Økologi  
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12-14, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 15

*Afd. for Landskabsøkologi  
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135, 4  
2200 København N  
Tlf.: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

*Afd. for Arktisk Miljø*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

### 1997

- Nr. 202: Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996. Af Asmund, G., Riget, F. & Johansen, P. 30 s., 50,00 kr.
- Nr. 203: Rådyr, mus og selvforyngelse af bøg ved naturnær skovdrift. Af Olesen, C.R., Andersen, A.H. & Hansen, T.S. 60 s., 80,00 kr.
- Nr. 204: Spring Migration Strategies and Stopover Ecology of Pink-Footed Geese. Results of Field Work in Norway 1996. By Madsen, J. et al. 29 pp., 45,00 DKK.
- Nr. 205: Effects of Experimental Spills of Crude and Diesel Oil on Arctic Vegetation. A Long-Term Study on High Arctic Terrestrial Plant Communities in Jameson Land, Central East Greenland. By Bay, C. 44 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 206: Pesticider i drikkevand 1. Præstationsprøvning. Af Spliid, N.H. & Nyeland, B.A. 273 pp., 80,00 kr.
- Nr. 207: Integrated Environmental Assessment on Eutrophication. A Pilot Study. Af Iversen, T.M., Kjeldsen, K., Kristensen, P., de Haan, B., Oirschot, M. van, Parr, W. & Lack, T. 100 pp., 150,00 kr.
- Nr. 208: Markskader forvoldt af gæs og svaner - en litteraturudredning. Af Madsen, J. & Laubek, B. 28 s., 45,00 kr.
- Nr. 209: Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet. Af Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 31 s., 45,00 kr.
- Nr. 210: Landovervågningsoplände. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Grevy Jensen, P. & Rasmussen, P. 141 s., 150,00 kr.
- Nr. 211: Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 103 s., 125,00 kr.
- Nr. 212: Atmosfærisk deposition af kvælstof. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Ellermann, T., Hertel, O., Kemp, K., Mancher, O.H. & Skov, H. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 213: Marine områder - Fjorde, kyster og åbent hav. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Jensen, J.N. et al. 124 s., 125,00 kr.
- Nr. 214: Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Windolf, J., Svendsen, L.M., Kronvang, B., Skriver, J., Olesen, N.B., Larsen, S.E., Baattrup-Pedersen, A., Iversen, H.L., Erfurt, J., Müller-Wohlfeil, D.-I. & Jensen, J.P. 109 s., 150,00 kr.
- Nr. 215: Nitrogen Deposition to Danish Waters 1989 to 1995. Estimation of the Contribution from Danish Sources. By Hertel, O. & Frohn, L. 53 pp., 70,00 DKK.
- Nr. 216: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1996. By Kemp, K., Palmgren, F. & Mancher, O.H. 61 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 217: Indhold af organiske opløsningsmidler og phthalater i legetøj. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C., Worsøe, I.M., Køppen, B., Hansen, A.B. & Avnskjold, J. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 218: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Af Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. 2. udg. 55 s., 50,00 kr.
- Nr. 219: Kragefuglejagt i Danmark. Reguleringen af krage, husskade, skovskade, råge og allike i sæsonen 1990/91 og jagtudbyttet i perioden 1943-1993. Af Asferg, T. & Prang, A. 58 s., 80,00 kr.
- Nr. 220: Interkalibrering af bundvegetationsundersøgelser. Af Middelboe, A.L., Krause-Jensen, D., Nielsen, K. & Sand-Jensen, K. 34 s., 100,00 kr.

### 1998

- Nr. 221: Pollution of the Arctic Troposphere. Northeast Greenland 1990-1996. By Heidam, N.Z., Christensen, J., Wählin, P. & Skov, H. 58 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 222: Sustainable Agriculture and Nature Values - using Vejle County as a Study Area. By Hald, A.B. 93 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 223: Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996. Af Clausen, H. 61 s., 45,00 kr.
- Nr. 224: Natur og Miljø 1997. Påvirkninger og tilstand. Red. Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristiansen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. 288 s., 190,00 kr.
- Nr. 225: Sources of Phthalates and Nonylphenoles in Municipal Waste Water. A Study in a Local Environment. By Vikelsøe, J., Thomsen, M. & Johansen, E. 50 pp., 45,00 kr.
- Nr. 226: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997. Af Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 35 s., 50,00 kr.
- Nr. 227: Impact Assessment of an Off-Shore Wind Park on Sea Ducks. By Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 61 pp., 60,00 kr.
- Nr. 228: Trafikdræbte dyr i landskabsøkologisk planlægning og forskning. Af Madsen, A.B., Fyhn, H.W. & Prang, A. 40 s., 60,00 kr.