



# Sjögull (*Nymphoides peltata*) i Galten - en möjlig invasionsart

Examensarbete, 20 poäng.

Av

Malin Eriksson

Institutionen för Miljöanalys  
Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)  
Box 7050 750 07 Uppsala

Handledare: Eva Willén och Daniel Larson



Sjögull (*Nymphoides peltata*) i Galten  
- en möjlig invasionsart



ISSN 1403-977X



## ABSTRACT

### **Fringed waterlily (*Nymphoides peltata*) in Lake Mälaren – a possible invasive species**

Alien species are those species that have not occurred earlier in a certain area, but have been introduced by man to the environment. Alien species that are established in lakes and watercourses can cause ecological and economical losses. One example of an alien species, which is introduced in Sweden and constitutes a nuisance in several areas, is the fringed waterlily, *Nymphoides peltata*. This is a fast growing floating-leaved macrophyte which can form dense mats on the water surface and outcompete other species. The species is able to colonise large areas in suitable shallow aquatic ecosystems but it can be limited by strong wave action. A single specimen of *Nymphoides* was planted in Lake Väringen in Örebro County in 1933 and it soon started spreading. Many bays of the lake are covered today and the species is still expanding. The plant cover decreases the possibilities for recreational activities such as swimming, boating and fishing. Lake Väringen flows out through the River Arbogaån which has also been heavily colonised by *Nymphoides*. A couple of colonies have been established at the outlet of Arbogaån in Galten, the westernmost basin of Lake Mälaren. The expansion of *Nymphoides* in Lake Mälaren is of great concern given that this is the third largest lake in Sweden.

This project is aiming to quantify the threat of a possible expansion of *Nymphoides* in Lake Mälaren, by investigating factors regulating the species distribution. I have investigated how habitat characteristics differ between areas with and without plant cover using GIS data and field observations in Lake Väringen. This has resulted in a simple graphical model of the potential distribution of *Nymphoides* in the basin of Galten. Investigated habitat characteristics are depth, bottom slope, bottom substrate and exposure. From these factors only depth and exposure were decisive for plant establishment according to statistical tests and therefore used in the model.

The model is showing a possible area of expansion of *Nymphoides* constituting up to 15 % of the free water area of Galten. However, it should be considered that only 2-3 % of the potential distribution area of southern Lake Väringen today is colonised. The species is considered a pioneer and this might give an advantage compared to waterlilies (*Nuphar*, *Nymphaea*) in disturbed habitats. On the other hand, in areas where other plants are already established in great numbers *Nymphoides* might meet resistance.

## SAMMANFATTNING

### **Sjögull (*Nymphoides peltata*) i Galten – en möjlig invasionsart**

Främmande arter är sådana som inte tidigare förekommit i ett område utan förflyttats dit med människans hjälp. Om etablering av främmande arter sker i sjöar och vattendrag kan de orsaka ekologiska och ekonomiska förluster. Ett exempel på en främmande vattenväxt som blivit introducerad i svenska miljöer och som utgör en plåga i flera områden är sjögull, *Nymphoides peltata*. Det är en snabbväxande flytbladsväxt som kan bilda täta bestånd och konkurrera ut andra vattenväxter. Arten har en förmåga att kolonisera stora områden i lämpliga grunda akvatiska ekosystem men kan hållas tillbaka av kraftig vågpåverkan. I sjön Väringen i Örebro län sattes en planta av sjögull in 1933 som snart började sprida sig. Idag är många vikar i Väringen täckta och spridningen tycks tillta. Växten är mycket illa omtyckt då den minskar möjligheterna att använda sjön i rekreationssyfte samt för fiske. Väringen har sitt utlopp i Arbogaån och även i ån samt i sjöarna den passerar har sjögull lyckats etablera sig i breda bårder längs med stränderna. Arbogaån mynnar i Galten, Mälarens västligaste bassäng, och ett par sjögullskolonier har spridit sig ända hit vilket tyder på att arten är på frammarsch.

Detta arbete syftar till att försöka kvantifiera det hot som en möjlig expansion in i Mälaren utgör genom att undersöka faktorer som styr sjögulls möjliga etableringsplatser. Med hjälp av fältstudier i Väringen och bearbetning av kartor har jag undersökt hur olika habitatkaraktärer skiljer sig åt mellan områden med och utan sjögull. Detta har resulterat i att en enkel modell för sjögulls potentiella utbredningsområde i Galten kunnat tas fram. De habitatkaraktärer som undersökts är djup, bottenlutning, bottensubstrat och exponering. Av dessa faktorer var endast djup och exponering bestämmande för växt av sjögull enligt statistiska test och endast dessa användes i scenarierna för Galten.

Modellen visar att upp till 15 % av de fria vattenytorna i Galten kan ligga i farozonen vid en eventuell spridning av sjögull. Denna siffra måste dock ses i relation till att endast 2-3 % av det potentiella utbredningsområdet i södra Väringen idag är koloniserat. Sjögull kan karaktäriseras som en pionjärart, vilket innebär en konkurrensfördel jämfört med näckrosor i störda miljöer som till exempel områden där fartyspropellrar river upp slam, platser som muddrats, badplatser, småbåtshamnar och utlopp från åar. I områden där andra växter redan har stor utbredning kan sjögull dock stöta på motstånd.

## **FÖRORD**

Detta examensarbete (20p) avslutar mina magisterstudier i biologi och miljövård inom naturresursprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Uppsala. Arbetet pågick under hösten 2004 och våren 2005 och utfördes vid Institutionen för Miljöanalys. Ämnet faller under projektet Aquatic alien species (Aqualiens), ett projekt om främmande vattenlevande arter i Sverige, som stöds av Naturvårdsverket. Idén till examensarbetet har utvecklats efter hand med hjälp av Eva Willén och Daniel Larson som även har fungerat som handledare.

Jag vill tacka Eva Willén för hjälp med allt från upplägg av arbetet till värdefulla synpunkter under uppsatsskrivandet. Daniel Larson har alltid tagit sig tid när jag har behövt hjälp, speciellt med databehandling och bildhantering. Tack för att du var med i fält, jag hade nog givit upp när båtmotorn stannade... Ett stort tack även till Jacob Nisell för hjälp med den geografiska databehandlingen.

Uppsala, april 2005

Malin Eriksson

<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>2 SJÖBESKRIVNING</b> .....	<b>4</b>
<b>3 MATERIAL OCH METODER</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Fältundersökningar</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 Geografisk databearbetning</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2.1 Exponering</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2.2 Djup och lutning</b> .....	<b>8</b>
<b>3.3 Statistik</b> .....	<b>9</b>
<b>4 RESULTAT</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 Fältundersökningar</b> .....	<b>10</b>
<b>4.2 Geografisk databearbetning</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2.1 Exponering och djup</b> .....	<b>11</b>
<b>4.3 Statistik</b> .....	<b>13</b>
<b>4.4 Modellering</b> .....	<b>13</b>
<b>5 DISKUSSION</b> .....	<b>17</b>
<b>6 REFERENSER</b> .....	<b>21</b>





# 1 INLEDNING

Introduktion av främmande arter är ett av de största hoten mot biologisk mångfald genom att nya arter kan förändra habitat och predera eller parasitera på inhemska arter samt konkurrera med dem om resurser som behövs för överlevnad. Problemen väntas bli värre beroende på en växande befolkning, ökade störningar på ekosystem, ökad global handel och storskaliga klimatförändringar. Sverige har 1993 förbundit sig att motverka introduktion av främmande arter som kan leda till skador på landets biologiska mångfald genom ratificering av FN:s konvention om biologisk mångfald.

Främmande arter är sådana arter som inte tidigare har förekommit i ett område, utan har förflyttats till området med människans hjälp. Alla introduktioner av främmande arter är inte av ondo. En hel del arter har introducerats för att öka matproduktionen som till exempel våra sädesslag och boskapssorter, eller för att pryda våra trädgårdar. Av de arter som förflyttats till en ny plats är det endast några få som kan etablera sig och reproducera sig. Sedan är frågan om arten lyckas sprida sig och bilda större bestånd och därmed bli skadlig eller negativ för miljön. Till svenska sötvattenmiljöer har introduktioner skett både avsiktligt, av exempelvis olika fiskarter och signalkräfta, och oavsiktligt av till exempel kräftpest, vandrarmussla och vattenpest.

Då främmande arter etablerar sig i sjöar och vattendrag kan de orsaka både ekologiska och ekonomiska förluster. Några dramatiska ekologiska effekter kan vara utrotning av inhemska arter, stora förändringar på funktionen av ekosystem eller av livsbetingelserna för andra arter. Dessa effekter kan ju i sig också orsaka indirekta ekonomiska effekter. Direkta ekonomiska effekter kan vara påverkan på transporter och rekreationsmöjligheter, minskad fiskfångst eller att en främmande art försvårar eller omöjliggör användningen av ett vatten som vattentäkt.

Ett exempel på en främmande vattenlevande växt som blivit introducerad till Sverige och där blivit en plåga i flera områden är sjögull, *Nymphoides peltata* (Gmelin) O. Kuntze (fig. 1). Den förekommer naturligt i Europa och Asien och den har också blivit introducerad i Nordamerika (Cook 1985). Sjögull kan uppfattas som en vacker flytbladsväxt med lysande gula blommor och på grund av att den säljs kommersiellt riskerar den att sprida sig ytterligare

då den planteras ut i dammar. Förvildad växer den snabbt, bildar täta bestånd och konkurrerar ut andra vattenväxter (Josefsson 1999). Arten har förmåga att kolonisera stora områden i lämpliga grunda akvatiska ekosystem men kan hållas tillbaka av kraftig vågpåverkan (Brock 1985). Sjögull bildar en tät bladmassa på vattenytan som skuggar och försämrar livsvillkoren för andra vattenväxter. Dessutom hindrar den båttrafik och förstör badplatser (Josefsson 1999). Bladverket och stjälkarna utgör en skyddande miljö för olika insekter, smådjur och fiskyngel, samtidigt som fiske görs omöjligt då växtdelar fastnar i redskap.

Redan 1896 skriver Lönnberg om ”sjöguldet”, som han namnger den vackra växten med sina stora samlingar av lysande citrongula blommor. Innan dess hade den planterats in i några sjöar i Bohuslän och Östergötland och sedan spridit sig nedströms vattendragen och helt täckt vissa områden. Han skriver vidare om växtens värde som barnkammare för fiskyngel och rekommenderar att sjögull planteras in i större sjöar som har områden som är mer än tre meter djupa vilken är den ungefärliga djupgräns dit växten sprider sig.

En enstaka sjögullsplanta sattes in i norra delen av sjön Väringen, i Örebro län, 1933 från en tynande population som tidigare blivit inplanterad i Bergslagen och införd från Kanada med syfte att främja fiskbestånden (Eckerbom 1940). Redan efter ett par år hade sjögull spridits vida omkring. Efter försök att hålla efter växtligheten med hjälp av lie och kratta spred den sig ytterligare och bildade nya kolonier ute i sjön.

På 1960-talet genomfördes flera försök med bekämpning i Väringen; kemisk besprutning visade resultat men konsekvenserna är med dagens kunskaper vittgående med sådana metoder, rotkultivering visade sig vara effektlöst och försök med en till sjögull knuten rostsvamp ebbade ut utan resultat (Löfgren 1993). Sedan 1981 har slåtter skett flera gånger årligen, främst i norra Väringen, vilket gett en tillfällig lindring av problemen lokalt om än ingen varaktig lösning. Både rotkultivering och slåtter medför att flytande växtdelar kan sprida sig till nya lokaler med möjlighet att slå rot.

Farhågor finns att det är just flytande växt- och uppmuddrade rottdelar som står för den snabba spridningen i Väringen, men inga undersökningar har gjorts på området. Enligt Cook (1990) flyter sjögullsfrön på vattenytan och kan antingen spridas med strömmar eller med hjälp av vissa sjöfåglar, där frön fäster sig kring näbben eller på sidorna av kroppen. Ännu har inga närliggande avrinningsområden utsatts vilket tyder på att spridning med fågel inte är effektiv.

Vid den senaste inventeringen 1981 täckte bestånden i Väringen minst 50 ha (Löfgren 1993) och växten är illa omtyckt runt hela sjön då den hindrar småbåtar att ta sig ut och försvårar fisket (Roseen 1970). Idag är många vikar i Väringen täckta av sjögull och spridningen tycks tillta. Väringen har sitt utlopp i Arbogaån och även i ån och sjöarna den passerar har sjögull lyckats etablera sig i breda bårder längs med stränderna (Löfgren 1993). Vid Arbogaåns mynning i Galten, Mälarens västligaste bassäng, finns nu två stora och några små kolonier. De flesta kolonierna ligger direkt vid åmynningen men en ligger vid Ötorp nära farleden till Köping vilket kan tyda på att sjögull är på frammarsch (Samuelsson & Schyberg 1997).

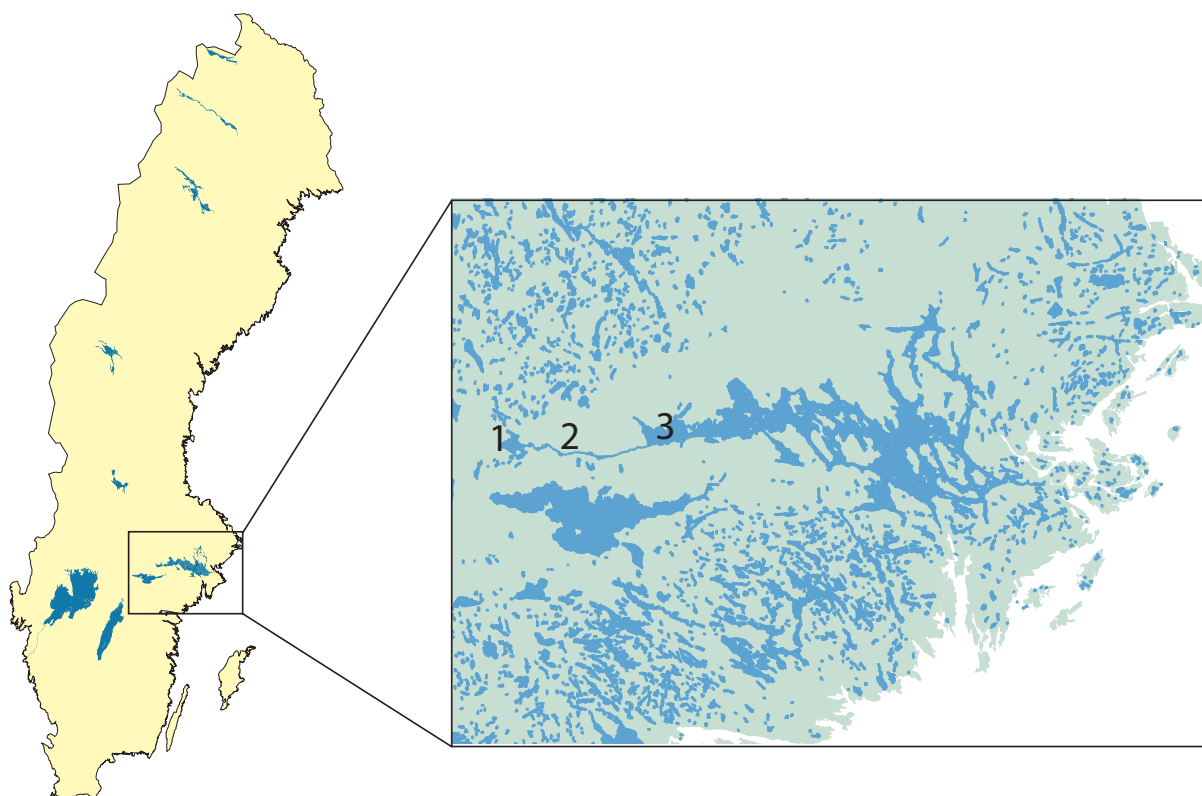
Galten är en grund bassäng av Mälaren. Där finns stora områden som är grundare än tre meter vilket erfarenhetsmässigt är det begränsande djupet under vilket sjögull inte kan slå rot (Brock 1985). Dessa faktorer sammantaget med att sjögull nu har anlant till Galten visar på en möjlig risk för fortsatt expansion för arten in i Mälaren. Med det här arbetet vill jag göra ett försök att kvantifiera det hotet genom att undersöka faktorer som styr sjögulls möjliga etableringsplatser. Jag har definierat habitatkaraktärer för sjögull, med hjälp av fältstudier i Väringen samt genom bearbetning av kartor, genom analys av skillnader mellan områden med växt av sjögull och områden där den saknas. Med hjälp av detta har avsikten varit att ta fram en enkel modell för sjögulls potentiella spridningsområden i Galten.



**Figur 1.** En flytande matta av sjögull *Nymphoides peltata* i sjön Väringen, Örebro län 2004-08-04. Foto: Daniel Larson

## 2 SJÖBESKRIVNING

Sjön Väringen (fig. 2) är en grund näringsrik sjö belägen i Örebro län. Dess yta är 19 km<sup>2</sup> (tab. 1) och den ligger på gränsen mellan Lindesbergs och Örebro kommuner. Sjöns största djup är 15 meter men stora områden (65 % av sjöytan) når bara cirka 3 meters djup. Väringen fungerar som en uppsamlingsbassäng för två grenar av Arbogaåns avrinningsområde och dess vatten har jag mot bakgrund av de fåtaliga mätningarna bedömt som måttligt till betydligt färgat. Med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (1999) kan näringskoncentrationen i form av totalfosfor karakteriseras som hög (tab. 2). Enligt data för pH och alkalinitet så är sjön nära neutral och har en mycket god buffrande kapacitet mot försurning. Halten av TOC, totalt organiskt material, som är ett mått på syretärande ämnen i vattnet, är i Väringen måttligt hög. Biologiska undersökningar kan liksom kemiska användas för att klassificera sjöar. Klorofyllkoncentrationen är hög i Väringen och både den och fosforhalten indikerar sjöns eutrofa status. Sjöns närområde karakteriseras till stor del av skog, men inslag av jordbruksmark finns, särskilt runt sjöns norra och östra delar. Till Väringen förs behandlat avlopps- och spillvatten från såväl Frövi samhälle som Frövi Bruks papperstillverkning.



**Figur 2.** Översiktligt bild över Sverige med mälardalsregionen uppförstorad. Väringen är förbunden med Mälaren genom Arbogaån som rinner ut i dess västligaste bassäng, Galten. 1 = Väringen. 2 = Arbogaån. 3 = Galten.

Galten är Mälarens västligaste bassäng (fig. 2) och dit förs 46 % av hela sjöns totala tillrinning (Wallin *et al.* 2000). Bassängen är grund (45 % av sjön < 3 meter djup) med ett medeldjup på 3,4 meter och det maximala djupet är 19 meter (tab. 1). Den näringsrika Galten har en yta på 61 km<sup>2</sup> och står i kontakt med övriga Mälaren endast genom ett smalt sund. Den ligger till största delen i Västmanlands län men tillhör till viss del även Södermanlands län och fem kommungränser korsar fjärden. Arbogaån mynnar i Galten i sydväst vid Kungsör. Vattenfärgen i Galten kan, såväl som i Väringen, karaktäriseras som betydligt färgat. I enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (1999) kan totalfosforhalten i Galten karaktäriseras som mycket hög (tab. 2). Alkalinitet och pH-värde tyder även i Galten på en mycket god buffertkapacitet i vattnet. Halten syretärande ämnen är måttligt hög. Koncentrationen klorofyll är extremt hög i Galten som på basis av denna kan klassas som en hypereutrof sjö. Görs klassningen istället utifrån halten totalfosfor så faller Galten inom kategorin eutrofa sjöar. I Galten och Mälaren bedrivs både yrkesfiske och yrkessjöfart och farleder sträcker sig mellan Köping och Kungsör och vidare genom Mälaren ut i Östersjön.

**Tabell 1.** Morfologiska data för Väringen och Galten. Koordinater enligt SMHI:s sjöregister för sjöarnas utlopp, då Galten är en vik av Mälaren ges dess utloppskoordinat. Data för Galten efter Wallin *et al.* (2000). Data för Väringen från Frövisidan, websida, 2004-12-20. \* Uppgift saknas.

	X-koordinat	Y-koordinat	Area (km <sup>2</sup> )	Avrinningsområdets area (km <sup>2</sup> )	Altitud (m)	Medeldjup (m)	Maxdjup (m)
Väringen	658942	147869	19	2452	31,7	*	15
Galten	658080	162871	61	8642	0,5	3,4	19

**Tabell 2.** Kemiska och biologiska data från Väringen och Galten. Medelvärden beräknade på data insamlade vid tre tillfällen (augusti 2001, 2002 och 2003), från prov tagna på 0,5 meters djup. Data bearbetat, för Väringen från Arbogaåns vattenförbund, websida, 2004-12-20 och för Galten från Wallin *et al.* (2000).

	pH	Alkalinitet mekv/l	Absorbans 420/5 (ofilt.)	TOC mg/l	Total-N µg/l	Total-P µg/l	Klorofyll a µg/l
Väringen	7,3	0,26	0,22	10,3	413	23	13,0
Galten	7,7	0,34	0,29	8,8	788	49	43,1

### **3 MATERIAL OCH METODER**

I denna studie har data insamlats på flera olika sätt, dels i en fältstudie dels från digitala källor samt även från litteratur. Informationen har sedan bearbetats för statistiska test av de fyra habitatkaraktärerna djup, lutning, exponering och bottenssubstrat som bedömts ha särskilt stor betydelse för sjögulls utbredning. Flera sätt att beräkna fysisk påverkan från omgivningen (exponering) på växter i vatten har testats. Några av dessa metoder har använts i modellarbetet för att bygga olika scenarier för en möjlig expansion av sjögull i Galten. För att kunna behandla insamlade data utfördes tidsödande beräkningar av habitatkaraktärer på mycket stora dataset som krävde en hel del datorkapacitet.

För bearbetning av data har programmen Microsoft Excel 97 och JMP 5.0.1 använts. I huvudsak Minitab 12.2 men även Microsoft Excel 97 har använts för statistiska beräkningar. För vissa beräkningar men framförallt för framtagande av kartunderlag samt kartbearbetning har ArcView 3.3 med tillägget ArcView GIS Spatial Analyst 2 samt ArcGis 9 använts.

#### **3.1 Fältundersökningar**

Fältarbetet för studien utfördes i Väringen i början av augusti 2004. Undersökningsområdet begränsades till den södra halvan av sjön på grund av att stora resurser läggs på bekämpning i form av slätter av sjögull i den mer tätortsnära norra delen. Området som var av en storlek på ungefär 10 km<sup>2</sup> söktes av med hjälp av båt efter kolonier med sjögull. Kolonierna karterades med hjälp av en handhållen GPS. GPS-punkter prickades in runt kanterna av varje koloni och vid varje punkt mättes vattendjupet med ett digitalt handlod. I varje koloni gjordes cirka fyra provtagningar i olika tätheter av beståndet och en provtagning utanför, alla positionsbestämda med GPS. I dessa provtagningar undersöktes bottenssubstratet med hjälp av en kratta med teleskopskaft, vattendjupet mättes med lod och flytbladens yttäckning fotograferades med digitalkamera. Resultatet från den digitala fotograferingen användes dock ej i detta arbete.

#### **3.2 Geografisk databearbetning**

Geografiska data användes i beräkningarna av de tre habitatkaraktärerna exponering, djup och lutning. Innan informationen som insamlats under fältarbetet samt från olika digitala källor kunde bearbetas måste ett visst mått av förarbete utföras. För att kunna göra jämförelser

mellan områden beväxta med sjögull och sådana där arten saknas och för att kunna testa vilka habitatkaraktärer som bestämmer utbredningen så skapades ett raster med jämt fördelade punkter över hela sjön. För Väringen placerades punkterna med tio meters mellanrum. Galten är ungefär tre gånger så stor som Väringen så på grund av begränsningar i maskinvarans kapacitet att hantera stora datamängder skapades rastret här med ett mellanrum av 20 meter mellan punkterna. För alla dessa punkter beräknades sedan exponering, djup och bottenens lutning. Till den digitala kartan fogades även information från fältkarteringen om sjögullskoloniernas placering, utbredning och djupförhållanden.

### *3.2.1 Exponering*

Exponering är i det här sammanhanget lika med vågexponering. Denna påverkas av en mängd faktorer såsom längd öppet vatten, vattendjup, vindstyrka och vindens varaktighet. I Väringen har jag testat fem olika metoder att bedöma vågexponering. Tre av dessa tar hänsyn till en punkts avstånd till stranden i olika riktningar sammantaget med hur ofta vinden blåser i olika väderstreck, medan två av metoderna endast räknar med avståndet till stranden. Sedan har statistiskt testats vilken eller vilka av dessa metoder som har bäst samband med utbredningen av sjögull. Data för vindhastigheter och vindriktningar rekvirerades från SMHI. Svårigheten låg i att hitta två stationer, en i närheten av Väringen och en i närheten av Galten, som varit i bruk under samma tidsperiod och där någorlunda regelbundna mätningar hade utförts. De två stationer som valdes var Örebro (Örebro A, 9513) för Väringen och Eskilstuna (Eskilstuna MO, 9619) för Galten. Vinddata som användes för beräkningar var insamlade under perioden 1996-2003. I materialet fanns data från mätningar tagna åtta gånger dagligen med information om vindstyrka och vindriktning. Vindriktningarna i källmaterialet var grupperade i grader om tio och dessa 36 riktningar har använts vid beräkningar även av längdkomponenten i alla fem metoder för exponeringsbedömning. Vinddata sammanfattades i frekvenser för hur ofta det blåser från olika riktningar oavsett vindstyrka. För det raster som tidigare skapats för Väringen beräknades för varje punkt längden till stranden i alla 36 riktningar. Då varje sådan riktning är 10 grader bred beräknades längden till stranden som medelvärdet av längden i 11 delriktningar.

En av de enklaste metoderna för att beräkna exponeringen i en punkt är att ta ett medelvärde på längden till stranden i 36 riktningar (tab. 3). En annan metod, som ger mindre vikt åt extrema värden, är att istället för att använda medelvärdet använda medianen av längden till stranden. För att inkludera vind i beräkningarna finns flera alternativa metoder beroende på

vilken årstid och vilken vindstyrka man tror krävs för att sjögullsbestånden i vattnet ska påverkas. I ett första alternativ har jag använt vinddata från hela år och multiplicerat frekvensen för hur ofta det blåser från en viss riktning med avståndet till stranden i samma riktning. Av dessa produkter beräknas sedan ett medelvärde. Ett andra sätt kan beräknas för att testa om det är vinden endast under vegetationsperioden som påverkar sjögull. I detta fall har vegetationsperioden antagits pågå mellan första juni och sista september. Frekvensen av hur ofta det blåser från olika riktningar under vegetationsperioden multiplicerades på samma sätt som i föregående metod med längden till stranden och ett medelvärde av detta beräknades. Möjligt är att endast starka vindar under vegetationsperioden påverkar sjögullsplantor. För att undersöka detta beräknades i ytterligare en metod antal tillfällen med vindstyrkor över 10 m/s under vegetationsperioden från 36 olika riktningar och dessa tillfällen multiplicerades sedan med längden till stranden i samma riktningar och ett medelvärde beräknades. För varje punkt i Värings raster fanns nu fem värden för exponering beräknade på olika sätt (tab. 3).

**Tabell 3.** Olika metoder för beräkning av vågexponering. Se även tabell 5 och 6.

Exponeringsbenämning:	Beräkningsmetod:
1	medelvärdet av längden till stranden i 36 riktningar
2	medianvärdet av längden till stranden i 36 riktningar
3	medelvärdet av produkterna av längden till stranden och vindfrekvensen, beräknad under hela året, i samma riktningar *36
4	medelvärdet av produkterna av längden till stranden och vindfrekvensen, beräknad under vegetationsperioden, i samma riktningar *36
5	medelvärdet av produkterna av längden till stranden och antal tillfällen med vindstyrkor över 10 m/s under vegetationsperioden, i samma riktningar *36

Exponeringen i Galten beräknades på två olika sätt, nummer 1 och 4 i ovanstående uppräkningsmetoder, beroende på utfallet av nedanstående statistiska test (se rubriken Statistik i detta och efterföljande kapitel). För Galten fanns karteringar av strandvegetation att tillgå i Sjöfartsverkets underlagsmaterial och här användes avståndet till vasskanten istället för avståndet till stranden i exponeringsberäkningarna eftersom vassbältena i fjärden är påtagliga.

### 3.2.2 Djup och lutning

Djupförhållandena i sjön Väringen digitaliserades från en tryckt karta, framtagen av Frövi pappersbruk. För Galten finns sjökort från Sjöfartsverket att tillgå även i digital form. Denna information måste omarbetas innan den kunde användas i arbetet. Med hjälp av isolinjerna och de punkter som lodats i fält skapades en tredimensionell bild av sjöbotten med ett



triangelnät (Eklundh 2001). Från denna bild hämtades information om djup och lutning till varje punkt i de raster som tidigare skapats för Väringen och Galten.

### **3.3 Statistik**

För att statistiskt testa skillnader i habitatkaraktärer mellan områden bevuxna av sjögull med områden där den saknas användes informationen om exponering, djup och bottenlutning som beräknats för punkterna i rastret i Väringen. Med hjälp av karteringen som gjorts i fält kunde informationen som beräknats för alla de punkter som hamnat inom kolonierna av sjögull väljas ut. Ett medelvärde för varje koloni togs fram. För att få värden att jämföra med valdes punkter ut som låg utanför respektive koloni av sjögull men inte längre än 50 meter från dess kant samt med ett maximalt djup på 3 meter. Även av dessa beräknades ett medelvärde. Medelvärden för de olika habitatkaraktärerna inom kolonierna kunde testas parvis mot medelvärdet för punkterna omedelbart utanför kolonierna. Testen som användes var både parametriska med parvis t-test samt icke-parametriska med Wilcoxon's test för matchade par. För att undersöka residualernas fördelningar användes Andersson-Darling normalitetstest.

## 4 RESULTAT

### 4.1 Fältundersökningar

Utbredningen av sjögull i södra delen av Väringen utgör ungefär 1,1 procent av den fria vattenytan i det fältundersökta området i början på augusti 2004. Detta motsvarar cirka 0,1 km<sup>2</sup> av den undersökta ytan på totalt 10 km<sup>2</sup>. Den befintliga vassvegetationen är medräknad i den totala ytan fritt vatten eftersom ingen kartering finns att tillgå. Det noterades dock att sjögull inte verkar växa in i vassbälten men på några få ställen blandas arten något med andra flytbladsväxter som vit och gul näckros samt vattenpilört. Från flygbilder kan ses att täckningsgraden verkar vara större i de norra delarna av sjön (fig. 3). Under fältarbetet iakttofs sjögull främst i lite lugnare vatten inne i vikar och förhållandevis nära stränderna. Ofta är kolonierna runda i formen med en tydligt avgränsad kant utåt. Bladmassans täthet i bestånden är skiftande inom en och samma koloni. Enligt iakttagelser verkar tätare bladmassor oftare förekomma i ytterkanterna av bestånden.



**Figur 3.** Flygbild över norra delen av sjön Väringen med samhället Frövi i bakgrunden. Sjögull täcker vattenytan en lång bit ut från stranden. Foto: Frövi pappersbruk

Provtagningen av bottensubstrat gav ett enahanda resultat med förekomst av mjukbotten på de flesta platser både inom och utom kolonierna av sjögull (tab. 4). De få provplatser med stenig och sandig botten som hittades låg ofta inom kolonierna. Detta tyder på att sjögull kan växa på olika slags bottenar och bottensubstrat har därför inte använts som någon begränsande faktor för artens utbredning i detta arbete.

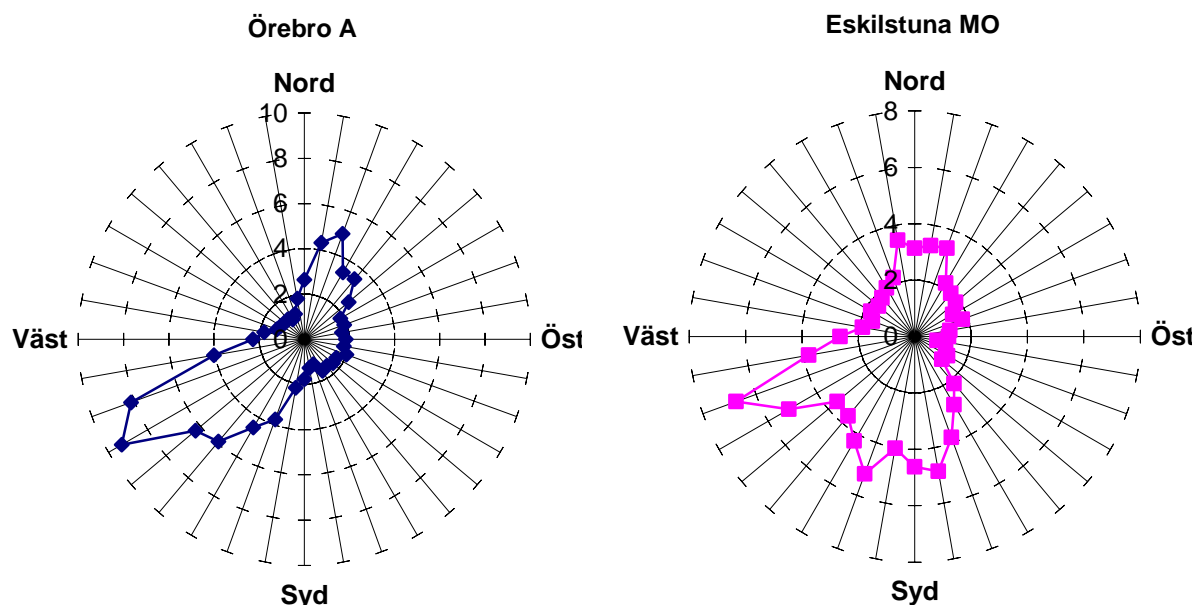
**Tabell 4.** Resultat av bottenprovtagningar inom och strax utanför kolonier av sjögull i sjön Väringen, Örebro län, i början på augusti 2004. Ungefär fem mätningar är gjorda vid varje koloni beroende på dess storlek, fyra inom kolonin och en utanför. Provpunkterna är placerade för att täcka in olika tätheter av bestånden. Undersökningen är utförd med hjälp av kratta med teleskopskaft.

	Mjukbotten	Sandbotten	Stenbotten	Totalt
Antal mätningar:				
Inom kolonier	79	6	2	87
Utom kolonier	19	1	1	21

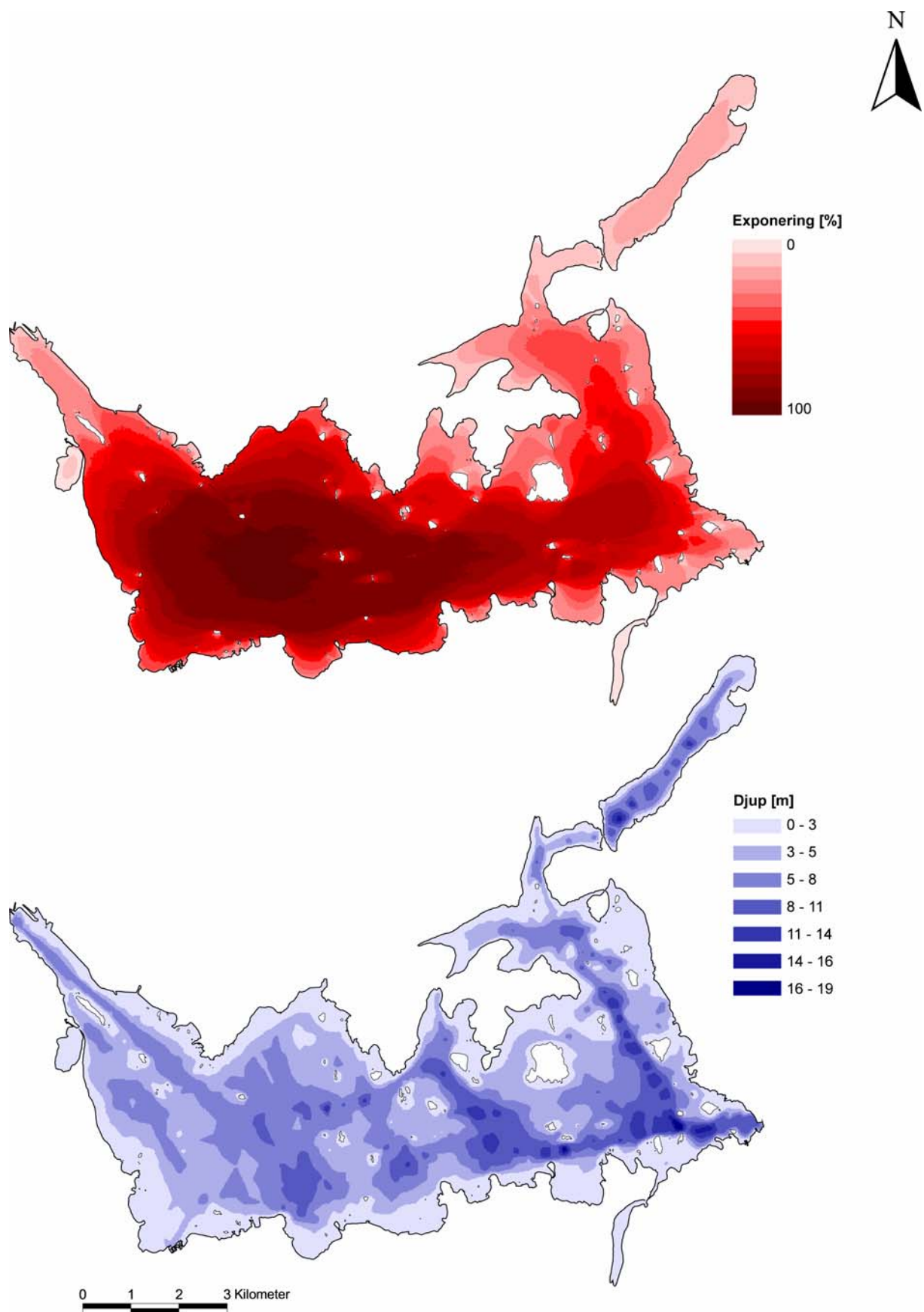
## 4.2 Geografisk databearbetning

### 4.2.1 Exponering och djup

Inför beräkningarna av exponering skapades vindrosor med frekvenser för vind från olika vindriktningar (fig. 4). I Örebro finns under växtsäsongen en dominerande vindriktning från västsydväst, men många gånger blåser det också från nordnordost. I Eskilstuna är vindarna något jämnare fördelade mellan väderstrecken men även här finns en viss övervikt av vindar från de västliga och sydliga väderstrecken. Även i Eskilstuna blåser det en hel del från norr och nordnordost. Figur 5 visar exempel på de kartor som resulterade från den geografiska databearbetningen. I Galten synliggörs de stora sjöytor som är grundare än 3 meter. De stora avstånden mellan stränderna ger en mycket kraftig vågexponering i mitten av bassängen.



**Figur 4.** Vindar i Örebro (Örebro A 9513) och Eskilstuna (Eskilstuna MO 9619). Procentandelar av hur ofta det blåser från 36 riktningar under juni till september, 19960601-20030930. Mätningar gjorda åtta gånger dagligen. Data från SMHI.



Figur 5. Exponerings- (ovan) och djupförhållanden (nedan) i Galten. Exponeringen är beräknad som ett medelavstånd till strandlinjen i 36 riktningar. Djupdata från Sjöfartsverket.

### 4.3 Statistik

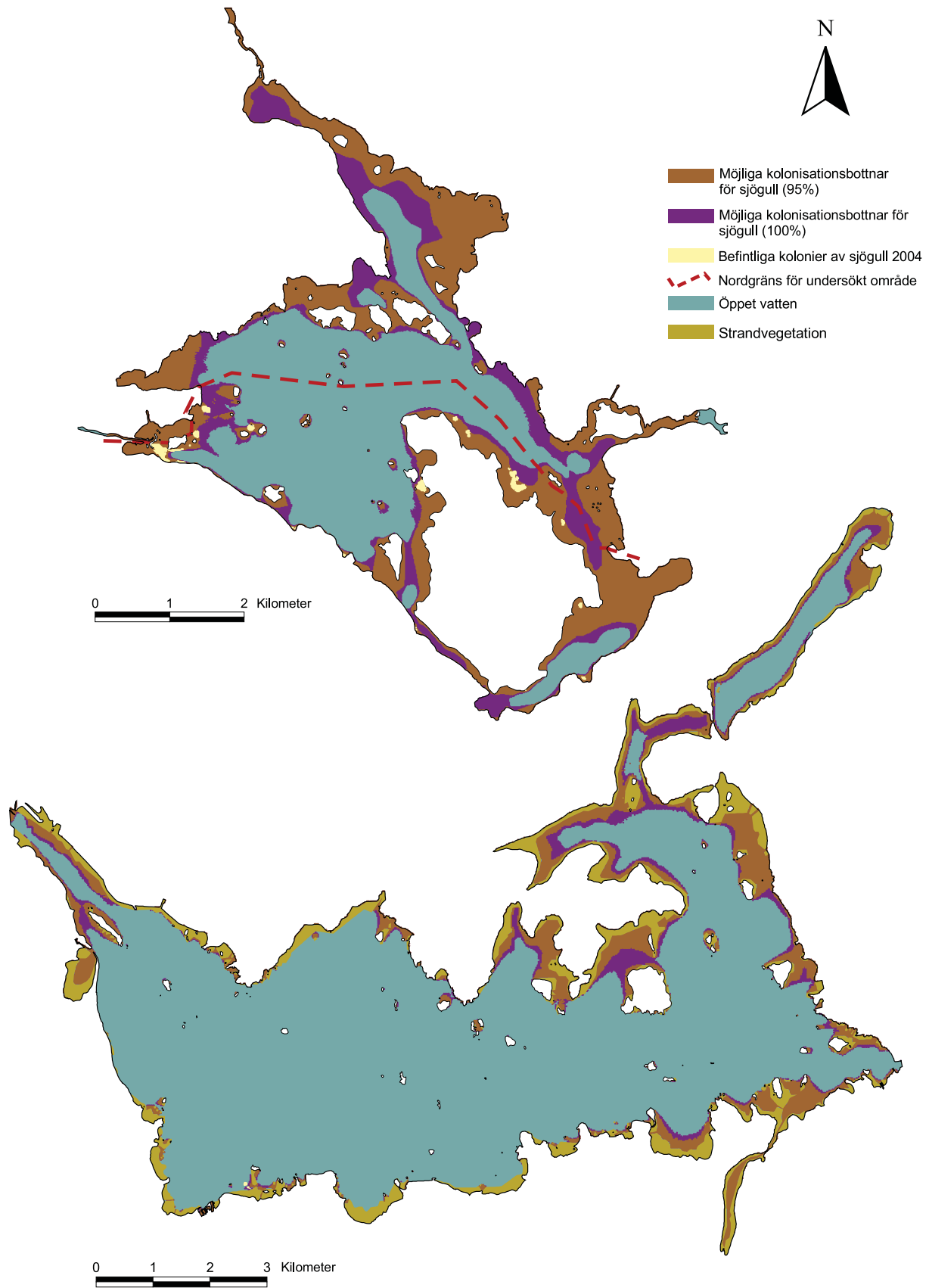
De habitatkaraktärer som i statistiska test kunde särskilja områden som koloniserats av sjögull från områden där arten inte var närvarande var exponering och djup. Av de fem mått på exponering som beräknats kunde tre påvisa skillnader ( $p < 0,05$ ) mellan invaderade och icke invaderade områden (tab. 5). Exponeringen var större utanför kolonierna än innanför. För beräkningarna i modellen för utbredningen av sjögull i Väringen och Galten användes de mått på exponering som fått lägst p-värden i de statistiska testerna. Testerna av djupförhållanden inom och utanför kolonierna visade på signifikanta skillnader. Det är djupare utanför kolonierna och denna parameter kan användas som en begränsande faktor i modellen för utbredning av sjögull. Lutningen inom och utanför kolonierna skiljde sig inte åt i det statistiska testet och bottenlutningen ner till 3 m djup kan därför inte sägas begränsa utbredningen av sjögull. Denna parameter används därför inte i modellen för artens utbredning. För habitatparametrarna var det endast exponeringsmetod 4 samt djup och lutning som hade normalfördelade residualer, en egenskap som egentligen krävs för att t-testet ska få användas. Samma resultat erhöles dock vid test med Wilcoxons metod.

Tabell 5. Resultat av tvåsidiga t-test för att påvisa skillnader i djup, lutning och exponering inom och utanför kolonier av sjögull, *Nymphoides peltata* med användande av fem metoder för beräkning av exponering (för benämningar jämför tabell 3). Medelvärden för varje koloni testades parvis mot medelvärden för områden max 50 meter utanför kolonin. Sjögullskolonierna är fältinventerade i början på augusti 2004 i sjön Väringen, Örebro län.

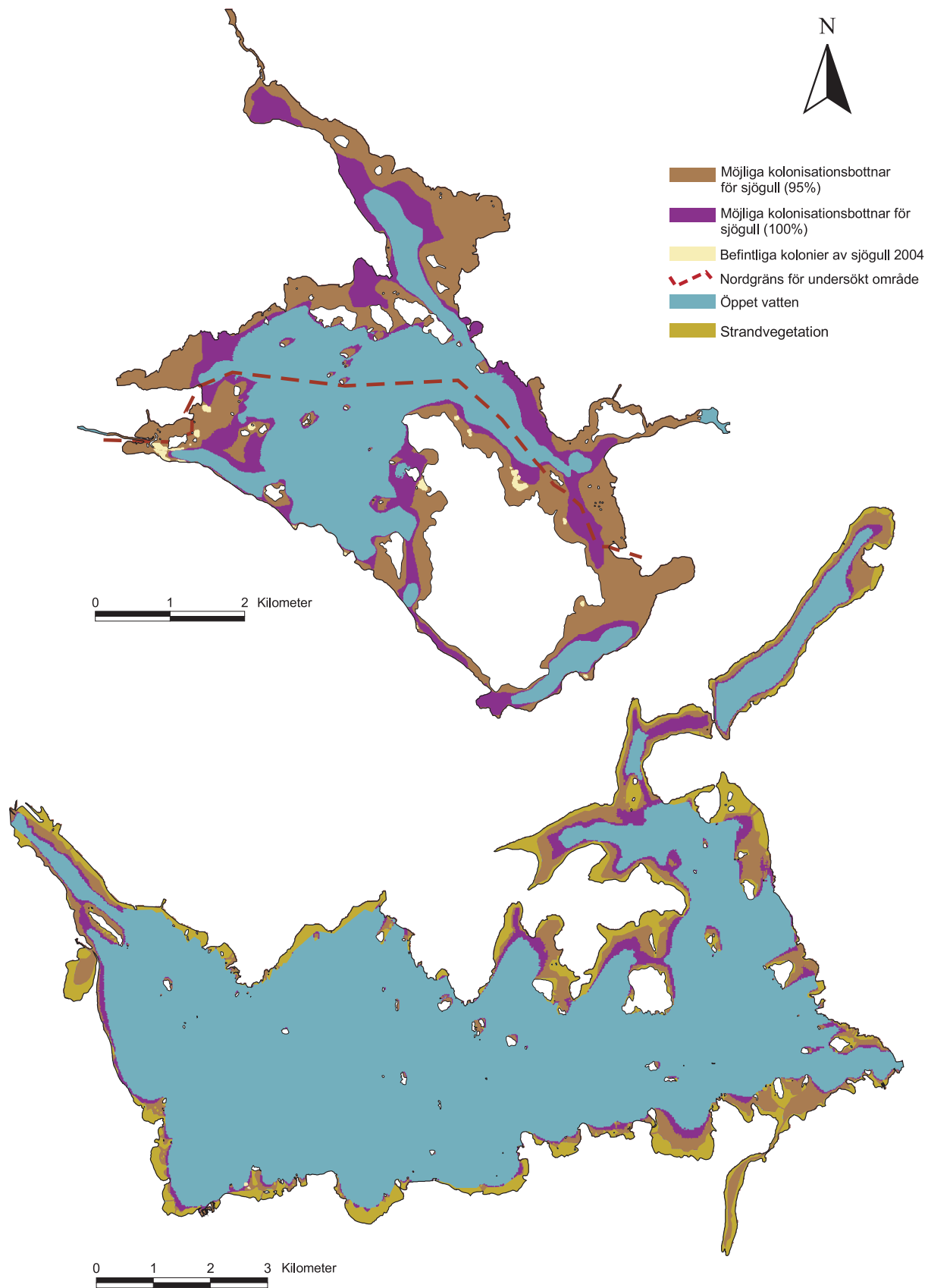
	Djup	Lutning	Exponering				
			1	2	3	4	5
p-värde	0,015	0,618	0,002	0,555	0,068	0,007	0,032

### 4.4 Modeller

Gränsvärden, för vilka djup och exponeringar som sjögull kan växa i, erhöles genom framtagande av värden motsvarande 95:e och 100:e percentilen inom de fältinventerade kolonierna av sjögull (tab. 6). Modeller med djup och exponering som begränsande faktorer ritades sedan upp för Väringen och för Galten (fig. 6 & 7). I Väringen gav modellen en yta potentiellt möjlig för kolonisering av sjögull som varierade mellan 34 och 54 procent av sjön beroende på vilken exponeringsmetod och vilka percentiler som användes (tab. 6). I denna yta ingår dock ytor som idag är be vuxna med strandvegetation. I Galten resulterade modellen i att mellan 10 och 15 procent av sjöytan bedömdes som möjlig för kolonisation av sjögull. De befintliga sjögullskolonierna i Galten täcks in nästan helt av modellen som använder 100:e percentilen av djup och exponering då exponeringsmått 4 används, det vill säga då vinden under vegetationsperioden inkluderas.



Figur 6. Potentiell utbredning av sjögull i Väringen (ovan) och Galten (nedan) baserad på djup- och exponeringsförhållanden. Exponeringskomponenten baseras på avståndet till strandlinjen i 36 riktningar (Exp. 1 i tabell 6).



Figur 7. Potentiell utbredning av sjögull i Väringen (ovan) och Galten (nedan) baserad på djup- och exponeringsförhållanden. Exponeringskomponenten baseras på avståndet till strandlinjen i 36 riktningar samt vindfrekvenser under vegetationsperioden (Exp. 4 i tabell 6).

Tabell 6. Gränsvärden satta till 95 och 100 percentilen för djup och exponering (för benämningar jämför tabell 3) inom fältinventerade kolonier av sjögull, *Nymphoides peltata*, i sjön Väringen, Örebro län, i början av augusti 2004. För att bedöma möjligheten för sjögull att kolonisera nya bottnar har gränsvärden för djup sammantaget med exponering använts i olika modeller för Väringen och Galten. De tre modellerna för Väringen och två för Galten resulterade i olika täckningsgrader av sjöarna. I Väringen ingår vassbälten i täckningsgraden då ingen kartering av dem finns publicerad från sjön.

	Gräns	Gräns	Täckningsgrad i procent för olika modeller med respektive gränsvärden			
	95%	100%	Väringen (95%)	Väringen (100%)	Galten (95%)	Galten (100%)
Djup (m)	2,25	3,01	*	*	*	*
Exp: 1 (km)	0,924	1,02	34,4	49,5	10,4	14,5
Exp: 4 (km)	0,925	1,08	36,1	53,8	9,86	14,9
Exp: 5 (km)	1,11	1,31	35,2	54,2	**	**

\* Habitatkaraktären djup ingår tillsammans med exponering som begränsning i alla modeller. \*\* Exponering 5 ej beräknad för Galten.



## 5 DISKUSSION

Målsättningen med detta arbete har varit att kvantifiera det hot som en möjlig expansion av sjögull i Galten utgör. Jag har undersökt faktorer som styr artens möjliga etableringsplatser och definierat habitatkaraktärer i form av djupförhållanden och vågexponering. Dessa har jag sedan använt i en enkel modell för att bedöma möjligheten för sjögull att sprida sig i Galten, vilka lokaler som skulle kunna bli aktuella samt vilken utsträckning expansionen skulle kunna få. Mitt huvudresultat är att upp till 15 % av de fria vattenytorna i Galten kan ligga i farozonen vid en eventuell spridning av sjögull. Detta påstående måste ses i ljuset av att utbredningen i södra Väringen idag inte upptar mer än ungefär 1 % av vattenytan trots en potentiell spridningsyta på 35-55 %, detta drygt 70 år efter att den första plantan sattes in i norra Väringen. Galten är mer näringsrik än Väringen vilket torde vara fördelaktigt för arten då sjögull naturligt hör hemma i mycket näringsrika sötvattenssystem, exempelvis i Holland.

Att endast 1 % av den fältundersökta delen av Väringen är täckt idag är emellertid en underskattning. Då ingen kartering av strandvegetation finns publicerad från sjön så räknas strandvegetation in i ytan fritt vatten i Väringen och ytan befintliga sjögullskolonier får för liten vikt i uträkningen. Det är inte heller troligt att utbredningen i den fältundersökta delen av Väringen motsvarar sjögulls spridning i hela sjön. Problemen är nämligen störst i norra delen av sjön där arten först planterades in. Denna del av sjön har ej blivit undersökt då massiva bekämpningsinsatser genomförs årligen, vilket omöjliggör en trovärdig kartering av sjögulls utbredning.

Sjögullskoloniernas runda former och tydligt avgränsade ytterkanter som noterades under fältarbetet har tolkats som att de enskilda kolonierna består av en individ som förökar sig vegetativt med rotskott. Denna tolkning får stöd i litteraturen. Enligt van der Velde *et al.* (1979) så består sjögulls rotsystem av kortskott som har vertikala rötter och långskott som är gröna och kryper över sedimentet. Kortskotten och deras kraftiga rötter vilar vintertid och bildar nya blad och långskott till våren. Långskotten kan söka sig över en meter bort och där bilda nya blad och kortskott och så vidare. Enligt en holländsk studie följer utvecklingen i biomassan säsongens växlingar i vattentemperatur (Brock *et al.* 1983). I maj börjar biomassan öka och utvecklas sedan snabbt för att nå sitt maximum i augusti. Tillväxten av långskott och

blomstänglar sker till största delen under juni-juli. En minskning i biomassa sker från september till december. Viloperioden pågår från december till maj. Under vinter och tidig vår finns nästan all biomassa i sedimentet, medan ungefär 75 % av biomassan återfinns i vattenpelaren i augusti. Enligt denna utveckling bör alltså sjögullsplantan bli allt mer expansiv under vegetationsperiodens gång, ända fram till biomassan nått sitt maximum i slutet av sommaren. Enligt Brock (1985) kan sjögull karakteriseras som en typisk pionjärart. Den har potential att kolonisera stora områden under en växtsäsong med hjälp av vegetativ förökning med långskott. Men arten har också en mycket kraftig fröproduktion. I Holland har massiv frögroning observerats på lerbottnar vid låga vattenstånd. Det tar sedan endast en växtsäsong för plantorna att utvecklas till fullvuxna reproduktiva individer. De tätare bladmassor som observerats i ytterkanterna av bestånden av sjögull i Väringen kan antagligen förklaras av att nyligen koloniserad botten innehåller mer näring. Enligt Löfgren (1993) så har det också observerats att livskraften kan avta och bladstorleken minska åtminstone i äldre beståndens mer centrala delar men att denna process tar årtionden i anspråk.

Enligt iakttagelser under fältstudien verkade inte sjögull växa in i vassbälten. I Galten är bladvass den växt som är överlägset vanligast. I modellen för Galten är ytan där det växer strandvegetation undantagen från den yta som ansetts möjlig för sjögull att kolonisera. Detta förfaringssätt kan rättfärdigas av att sjögull är en pionjärväxt, som antagligen har svårt att slå sig in i växtsamhällen som redan är väl utvecklade. I det yttre vassbältet förekommer inslag av flytbladsväxter i Galten. Vanligast är gul näckros men även till exempel vattenpilört påträffas. Vid lugnare stränder finns i regel näckrosor utanför vassbältet (Wallin *et al.* 2000). Vid fältundersökningen i Väringen noterades på några få ställen att sjögull blandade sig med andra flytbladsväxter som vit och gul näckros samt vattenpilört. Frågan är om näckrosorna klarar konkurrens från sjögull. Själva etableringen av vit och gul näckros är jämfört med sjögull en relativt långsam process. Dessa arter har inga långskott som kan vara till hjälp vid vegetativ förökning. Utvecklingen från frö till fullvuxen planta med flytblad och rotstock kan ta flera år. Till skillnad från sjögull bygger näckrosor upp en resursbank av näring under sedimentytan och kan leva som individuella plantor i flera år. Näckrosor kan utstå mycket på grund av att de lokaliserar största delen av sina resurser under jord och de kan konkurrera bra med andra växter i ett längre perspektiv. Sjögulls kortskott däremot har en ganska kort livstid, endast cirka 18 månader. Det är tillräckligt för att det ska kunna fungera som ett övervintringsorgan (Brock 1985) men oförutsedda stressmoment kan vara svåra att klara. En kraftig höjning i vattenståndet under växtsäsongen till exempel minskar sjögulls livskraft då

äldre blad ej har möjlighet att växa upp till ytan under sådana förhållanden utan påbörjar nedbrytning (Brock *et al.* 1983). Torka däremot verkar nästan vara en förutsättning för att sexuell förökning ska kunna ske hos sjögull. Vid nykolonisering av störda ytor vinner nog pionjären sjögull. Men där näckrosen redan fått fäste får den möjligtvis stanna.

Sjögullsplantor trivs bättre när de är utsatta för liten vågexponering än när exponeringen är stor. Den beräkning av exponering där man såg störst skillnader mellan områden med sjögull och områden utan var av den allra enklaste modell, som bara tog hänsyn till längden till stranden. Sambanden var mycket starka och de hade alla utom en fått signifikanta resultat om ensidiga t-test valts. Den modell för Galten i vilken vinden under vegetationsperioden var inräknad i beräkningen av exponering var den som till största delen täckte in de befintliga kolonier som redan etablerat sig utanför Kungsör. Vågexponering med stormvindar inräknade gick tyvärr inte att beräkna för Galten då antalet stormtillfällen var för få vid vindstationen i Eskilstuna. Möjligt är att en modell med stormvindar, från någon annan vindstation vid Galten, skulle vara ännu bättre på att förutsäga möjliga platser för sjögull att kolonisera. Det djup som var begränsande för sjögull visade sig överensstämma med det som angetts i litteraturen, 3 meter. Det gick inte, vilket redan påpekats ovan, att hitta några samband mellan bottenens lutning och närvaro eller frånvaro av sjögull. Det skulle kunna tänkas vara så att det finns samband mellan exponering och bottenlutning då exponering måste påverka sedimentationen i sjöar. Detta samband gick i alla fall inte att korrelera med sjögulls växtplatser, möjligen beroende på att undersökningarna är gjorda inom ett alltför litet område för en sådan typ av studie.

I modellen har bara ett antal fysiska faktorer bedömts medan också andra faktorer är av betydelse för utbredningen av en invandrande art. Omständigheter som bör tas upp till diskussion är till exempel biologisk konkurrens och störningar av båttrafik. En annan väldigt viktig störning som kan hjälpa till att hålla en växt i schack är betning. Det är mycket möjligt att modellen skulle visa lägre andel exponeringsyta i Galten om man lägger till biologiska och kemiska faktorer i bedömningen. Det skulle dock medföra att modellen blev mer komplicerad då kemiska och biologiska parametrar kan vara besvärliga att ta fram med tillräcklig upplösning för en hel sjö eller ett vattensystem. I modellen som jag nu har gjort används endast fysiska parametrar som kan tas från en karta med djupdata över en sjö samt från en vindstation någonstans i omgivningen och värdena är enbart att beakta som en fingervisning om möjliga expansionsytor för sjögull.

Modellen för Väringen gav en täckningsgrad på 35 – 55 %. Hur stor del av dessa områden som redan täcks av vass är omöjligt att säga men prognosen är i alla fall överdriven. Det stora spannet, en mellanskillnad på 20 % mellan låga och höga gränsvärden visar att det finns stora områden i Väringen som är strax under 3 meter djupa. Enligt van der Velde *et al.* (1979) hittas sjögull oftast på vattendjup av 1 till 1,5 meter. I Galten gav modellerna en täckningsgrad på 10 – 15 %, en variation som inte är alltför stor. I de miljöer där gul näckros redan har en stor utbredning kan sjögull få svårt att konkurrera. Sjögull däremot kommer att få ett kraftigt övertag speciellt i störda miljöer där till exempel fartygspropellrar river upp slam, på platser som muddrats, på badplatser, i småbåtshamnar och vid utlopp från åar. Det finns inga tomma nischer i ekosystem men denna art har nog stora möjligheter att göra sig plats genom att den kan växa djupare än de flesta makrofyter och att den sedan stänger ute allt ljus för dem som vill sticka upp. Den nuvarande utbredningen i Väringen, även om sjögull här ännu inte nått sin fulla potential, visar att modellen är något av en överdrift. Hotet från sjögull måste dock tas på allvar då det allt som oftast är just de vattenmiljöer som människan använder flitigast som råkar mest illa ut.

## 6 REFERENSER

- Arbogaåns vattenförbund, 2004-12-20. Mätvärden för delområde C åren 2001, 2002 och 2003. – [http://arbogaans-vattenforbund.se/innehall\\_grund.htm](http://arbogaans-vattenforbund.se/innehall_grund.htm)
- Brock, T. C. M. 1985. Ecological studies on nymphaeid water plants with emphasis on production and decomposition. Thesis Catholic University of Nijmegen, Nijmegen.
- Brock, T. C. M., Arts, G. H. P., Goossen, I. L. M. & Rutenfrans, A. H. M. 1983. Structure and annual biomass production of *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae). – *Aquatic Botany* **17**:167-188.
- Cook, C. D. K. 1990. Seed dispersal of *Nymphoides peltata* (S.G. Gmelin) O. Knutze (Menyanthaceae). – *Aquatic Botany* **37**:325-340.
- Eckerbom, N. 1940. Den smackande näckrosen. – *Svensk Fiskeritidskrift* **49**:212-215.
- Eklundh, L. 2001. Kapitel 7: Interpolation. Sid 175-192 i Eklund, L (red). *Geografisk informationsbehandling, metoder och tillämpningar*. – Byggnadsrådet. Stockholm.
- Frövisidan, 2004-12-20. – <http://www.frovisidan.com/varingen.htm>
- Josefsson, M. 1999. Introduktion av främmande arter i svenska sjöar och vattendrag. – Naturvårdsverket rapport 4941.
- Löfgren, L. 1993. Sjögullet i Arbogaån 1933-1993. – Länsstyrelsen i Västmanland, Västerås.
- Lönnberg, E. 1896. *Limnanthemum nymphæoides*, en ny svensk sjöväxt och dess betydelse för fisket. – *Svensk fiskeritidskrift*. **5**:129-132
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet: Sjöar och vattendrag. – rapport 4913.
- Roseen, S. 1970. Myseriet med Väringsens smackande gula sjögräs. – *Nerikes Allehanda* 1970-08-14.
- Samuelsson, E., Schyberg, C. 1997. Mälaren-Hjälmaren, Vattenvegetation i Mälaren – förändringar av utbredning och sammansättning sedan 1970-talet. – Kommittén för Mälarens vattenvård publikation 38.
- Velde, G. van der, Giesen, T. G. & Heijden, L. A. van der 1979. Structure, biomass and seasonal changes in biomass of *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae), a preliminary study. – *Aquatic Botany* **7**:279-300.
- Wallin, M., Andersson, B., Johnson, R., Kvarnäs, H., Persson, G., Weyhenmeyer, G., Willén, E. 2000. Mälaren: miljö tillstånd och utveckling, 1965-98. – Mälarens vattenvårdsförbund. Västerås.