

Rapport  
**P-18-01**  
April 2018



# Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2017

**Åsa Eriksson**  
**Tim Schnoor**  
**Simon Jakobsson**  
**Per Collinder**

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

SWEDISH NUCLEAR FUEL  
AND WASTE MANAGEMENT CO

Box 3091, SE-169 03 Solna  
Phone +46 8 459 84 00  
skb.se

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING



ISSN 1651-4416

**SKB P-18-01**

ID 1622326

April 2018

# **Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2017**

Åsa Eriksson, Tim Schnoor, Simon Jakobsson, Per Collinder  
Ekologigruppen AB

*Nyckelord:* Gulyxne, Skötselåtgärder, Rikkärr, AP SFK-17-015.

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna. SKB kan dra andra slutsatser, baserade på flera litteraturkällor och/eller expertsynpunkter.

Data i SKB:s databas kan ändras av olika skäl. Mindre ändringar i SKB:s databas kommer nödvändigtvis inte att resultera i en reviderad rapport. Revideringar av data kan också presenteras som supplement, tillgängliga på [www.skb.se](http://www.skb.se).

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från [www.skb.se](http://www.skb.se).

© 2018 Svensk Kärnbränslehantering AB



# Sammanfattning

Moniteringen som redovisas i denna rapport avser att studera hur olika typer av skötsel påverkar växtsamhället i rikkärr. Projektet startades under 2015. Denna rapport avhandlar resultat av uppföljningsinventering 2016 och 2017 och diskuterar skillnader mellan åren. Skötselåtgärderna utförs i ett rikkärr där den skyddade orkidén gulyxne *Liparis loeselii* växer. Denna art är en av flera som ingår i den artskyddsdispens som söktes parallellt med inlämnandet av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. Några av de lokaler där gulyxne hittats kan eventuellt komma att påverkas av grundvattensänkning orsakad av bygget av Kärnbränsleförvaret och SKB har i dispensansökan angett skötsel som en skydds- och kompensationsåtgärd.

De skötselmetoder som undersöks är slåtter, som i andra områden har visat sig gynna gulyxne, och röjning av vedartad vegetation i mer igenväxta delar av samma våtmark. Hur olika intensivt tramp i våtmarken påverkar förekomsten av gulyxne studeras också. Lokalen som valts ut för denna studie ligger utanför det förväntade påverkansområdet för en potentiell grundvattensänkning i Forsmarksområdet.

En metodik har tagits fram i samarbete med SLU och Stockholms universitet och baserar sig på undersökningstyp rikkärr. Samtliga gulyxneförekomster samt en grupp övriga rikkärrarter har inventerats i ett avgränsat område. Här har också omvärldsfaktorer som täckningsgrad och individantal i buskskiktet, täckningsgrad av vass, förna och mossor uppdelat i brunmossor, spjutmossa och vitmossa noterats. Även avståndsmätningar mellan markskikt och grundvattenytan samt mellan gulyxne och grundvattenytan har gjorts.

Denna rapport beskriver resultaten efter två års uppföljning av skötselåtgärdernas inverkan på gulyxneförekomster. Basinventeringen som genomfördes under 2015 ligger till grund för uppföljning av skötselåtgärderna.

Resultatet från årets inventering och analys kan sammanfattas med att gulyxnepopulationen i våtmark 48 återigen har ökat med över 40 %. Resultaten från 2017 års uppföljning visar att slåtter har en positiv effekt på populationen av gulyxne. Ingen av de andra behandlingarna kan påvisas ha någon effekt på populationen. Slåtter har även medfört en lägre busktäckning, därför tyder analysen på att slåternas positiva effekt på gulyxne sker bland annat genom reducerandet av busktäckning och den förändring av den lokala miljön som det medför.

Förutom att påverkas av slåtter så hittas i denna utvärdering en signifikant negativ effekt av avstånd till närmaste gulyxne, dvs att en enskild individ av gulyxne finns troligast i närheten av en annan individ. Det betyder att sannolikheten för att gulyxne ska växa på en enskild plats i denna våtmark kan vara starkt kopplad både till artens populationsdynamik/etableringsdynamik och till vilken behandling som påförs. Våra resultat tyder på att både avstånd och skötsel påverkar förekomsten av gulyxne, d.v.s. gulyxne sprider sig vanligast mycket korta avstånd men etableringen gynnas av slåtter.

Fortsatta inventeringar behövs för att ge säkrare data om hur skötsel påverkar gulyxnepopulationen i Forsmark i ett längre tidsperspektiv. Skötselåtgärderna slåtter och extremtramp samt statistiska analyser bör fortsätta att göras under nästa år och troligen ytterligare ett antal år.

## Summary

The aim of the study presented in this report is to study how different types of management of marshlands affect plant community and this project was started in 2015. Maintenance actions are performed in one marshland where the protected fen orchid *Liparis loeselii* is growing. The concern for this species is due to their protection within the EU system of species and habitat protection. Construction of the planned repository for spent nuclear fuel will involve diversion of groundwater, which could potentially influence groundwater levels in wetlands on which these species are dependent.

The management methods under study are haymaking, which in other areas have been shown to benefit fen orchid, and also clearing of shrub layer vegetation. How different disturbance connected to treading in the wetland affects the occurrence of fen orchid is also studied. The venue chosen for this study is outside the expected impact area of a potential lowering of the groundwater levels in Forsmark area.

A methodology has been developed in collaboration with SLU and Stockholm University and is based on “Undersökningstyp rikkärr”. The population of fen orchid has been inventoried and a group of other species connected to calcium rich fens as well as coverage of shrub layer, reeds, forest litter and different mosses and sphagnum.

This report is the second in a series of yearly reports to follow the effects of the different management strategies. The analysis shows that the fen orchid population has grown considerably between the years with significant positive effect of haymaking.

The results also show significant connection in the distance between the plants of fen orchids. If you find one, you are likely to find another close by.

Continued management and inventories are needed to prove stronger connections between management and effects on fen orchid.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	7
<b>2</b>	<b>Metodik</b>	9
2.1	Tidpunkt för inventering och skötselåtgärder	10
2.2	Statistisk analys	10
2.2.1	Allmän statistisk metodik	10
2.2.2	Utvärdering av behandlingseffekt på gulyxne	10
2.2.3	Utvärdering av behandlingseffekt på övriga responsvariabler	12
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	13
3.1	Grunddata gulyxnepopulation	13
3.2	Grundvattennivåer	17
3.3	Behandlingseffekter på gulyxne	18
3.4	Behandlingseffekter på övriga responsvariabler	19
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	23
4.1	Förslag på fortsatta arbeten	24
4.1.1	Inventering	24
4.1.2	Skötselåtgärder	25
4.1.3	Grundvattennivåer under tillväxtperioden	25
4.1.4	Statistiska analyser	25
<b>5</b>	<b>Dataleverans</b>	27
	<b>Referenser</b>	29
	<b>Bilaga 1</b> Statistiska modeller som används	31





# 1 Introduktion

Moniteringen som redovisas i denna rapport avser att studera hur olika typer av skötsel av rikkärr påverkar växtsamhället i stort och gulyxne i synnerhet. Detta projekt startades 2015 (Eriksson et al. 2015). Skötselåtgärderna utförs i ett rikkärr där den skyddade orkidén gulyxne *Liparis loeselii* växer. Denna art är en av flera som ingår i den artskyddsdispens som söktes parallellt med inlämnandet av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark (Mannheimer Swartling 2011). Några av de lokaler där gulyxne hittats kan eventuellt komma att påverkas av grundvattensänkning orsakad av bygget av Kärnbränsleförvaret och SKB har i dispensansökan angett skötsel som en skydds- och kompensationsåtgärd.

De skötselmetoder som undersöks är slätter, som i andra områden har visat sig gynna gulyxne, och röjning av vedartad vegetation i mer igenväxta delar av samma våtmark. Hur olika intensivt tramp i våtmarken påverkar förekomsten av gulyxne studeras också. Lokalen som valts ut för denna studie ligger utanför det förväntade påverkansområdet för en potentiell grundvattensänkning i Forsmarksområdet.

Betydelsen av olika skyddsåtgärder, för gulyxnepopulationen specifikt och rikkärrens-samhället i allmänhet, är viktig att kunna visa i den pågående miljöprövningen. Gulyxne är känslig för sänkta grundvattennivåer genom att de konkurreras ut av högvuxna arter som tål torrare förhållanden bättre. Slätter har i andra kärr med förekomst av gulyxne visat sig vara effektivt för att bibehålla eller öka en population av arten. En regelbunden störning som slätter missgynnar de mer snabbväxande arterna (t ex vass, buskar och träd). I Sverige finns idag flera lokaler med gulyxne som är i behov av regelbunden hävd för att undvika kraftig tillbakagång och utdöende. Det allvarligaste hotet mot gulyxne är att lokalernas hydrologi påverkas negativt. I Götaland utgör bristande eller upphörd hävd i näringsrika eller mindre blöta växtmiljöer också ett hot (Sundberg 2006). Detta belyser att hävd är en effektiv metod att gynna gulyxne och hålla kvar livskraftiga populationer i miljöer där förutsättningarna med tiden ändrats till gulyxne's nackdel om inte hävden kvarstår.

Sedan 2011 har SKB organiserat årliga och omfattande inventeringsinsatser i rikkärren i Forsmarksområdet. Dels för att upptäcka och beskriva förekomsten i området, men också för att följa de befintliga populationernas utveckling. Det finns misstankar om att inventeringsinsatsen i sig i form av tramp har en gynnsam effekt på gulyxne (och andra rikkärnsarter) eftersom vi har sett en stadig ökning av gulyxnepopulationen sedan inventeringarna började. Finns en sådan effekt kan den vara viktig att dokumentera för att förstå mönster relaterade till förändringar i inventeringsintensiteten i framtiden.

Förutom gulyxne har ett antal ytterligare arter valts ut som representanter för växtsamhället i rikkärr (kärrspira, slätterblomma, kärrknipprot, loppstarr och ängsnycklar). Avsikten här är att bredda perspektivet till rikkärrets växtsamhälle när effekter av behandlingarna studeras. Arterna är utvalda utifrån att de förekommer i kärrmiljöerna i Forsmark och är indikatorarter för rikkärrens-samhällen (Sundberg 2007).

Ett antal abiotiska faktorer mäts årligen i samband med inventeringarna för att om möjligt kunna koppla effekter på växtsamhället till processer som har med de olika behandlingarna att göra. Därför mäts täckningsgraden av vass, förna, brunmossa, spjutmossa och vitmossa. Eftersom den hydrologiska aspekten är av stor vikt finns också en vattenpegel i rikkärret förutom de grundvattennivåmätningar som görs inom transekterna. Avsikten är att noggrant kunna dokumentera variationer i grundvattennivån inom och mellan transekter, samt för rikkärret i sin helhet. Detta kan också jämföras med andra rikkärr inom ett större område. Följaktligen finns möjlighet att studera hur svängningar i grundvattennivån påverkar gulyxne och rikkärrens-samhället och hur eventuella interaktioner mellan hävd och grundvattenvariation ser ut.

Studien är i första hand designad för att kunna svara på effekter av olika skötselformer men genom att följa flera olika typer av processer t ex överlevnad hos befintliga plantor, fekunditet, spridning och nyetablering i såväl tomma som av gulyxne ockuperade delområden, så finns goda förutsättningar för att skilja på flera av dessa processer. Därmed finns förutsättningarna för att i mer detalj förstå effekterna av introducerad skötsel, vilket potentiellt också möjliggör för mer specifika åtgärder om så skulle behövas.

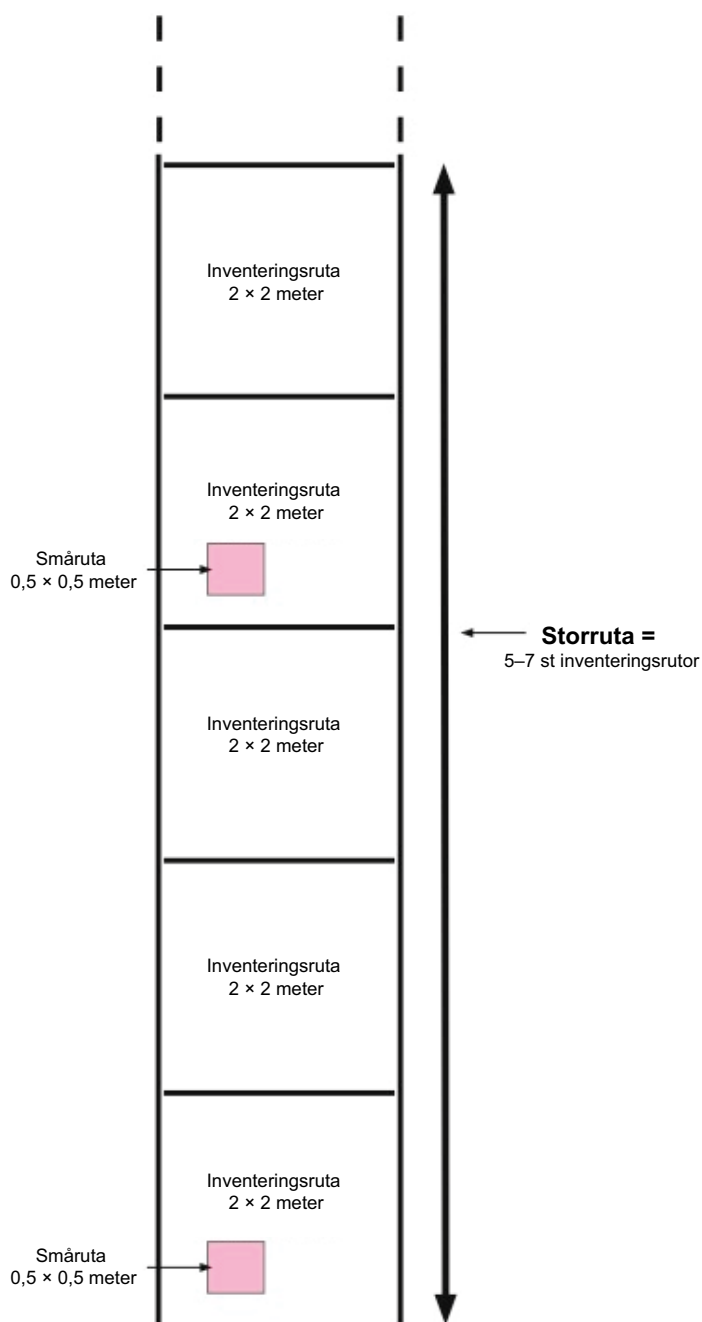
Inventeringarna har genomförts enligt SKB:s interna styrdokument Aktivitetsplan AP SFK-17-015 (Uppföljning av skötsel gulyxne 2017). Resulterande data från den aktuella aktiviteten lagras i SKB:s databas Sicada och är spårbara via aktivitetsplansnumret (AP SFK-17-015).

Endast data i SKB:s databaser får användas för vidare tolkningar och för modellering. Data i SKB:s databaser kan vid behov revideras. Datarevisioner resulterar inte nödvändigtvis i någon revision av motsvarande P-rapport. Det normala förfarandet är dock att större revisioner leder till revision av P-rapporten, medan smärre datarevisioner resulterar i rapportsupplement, som finns tillgängliga i anslutning till webb-versionen av P-rapporten på [www.skb.se](http://www.skb.se).

## 2 Metodik

För upplägg av inventeringsmetodik se rapport *Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne i Forsmark 2016* (Eriksson et al. 2017).

För att tydliggöra benämning av olika rutor; inventeringsrutor ( $2 \times 2$  meter), smårutor ( $0,5 \times 0,5$  meter) och för de statistiska analyserna storrutor (5–7) inventeringsrutor se figur 2-1 nedan.



**Figur 2-1.** Förklaring av rutstorlekar; inventeringsruta, småruta (i var tredje inventeringsruta) samt storruta.

## 2.1 Tidpunkt för inventering och skötselåtgärder

Inventering av våtmark 48 genomfördes den 4 och 5 juli 2017.

Slätter genomfördes den 22 augusti 2017.

Extremtramp genomfördes den 21 september 2017.

## 2.2 Statistisk analys

### 2.2.1 Allmän statistisk metodik

Försöket har utvärderats statistiskt med generaliserade linjära mixade modeller (GLMM, Generalized Linear Mixed Model) och linjära mixade modeller (LMM, Linear Mixed Model). Datamaterialet innehåller ett stort antal nollor vilket försvårar statistisk analys. För att minska antalet nollor i utvärderingen reducerades i de flesta analyserna datasetet till att endast inkludera transekterna B-E samt inventeringsrutor från nr 12 och uppåt (figur 2-2). Dessutom baserades analyserna av behandlingseffekt på storrutor (figur 2-2), vilket omfattar 5–7 inventeringsrutor om  $2 \times 2$  meter per behandling och storruta. Några analyser ansågs dock lämpligast att utföra baserat på data för inventeringsrutor (se sektion 2.2.2).

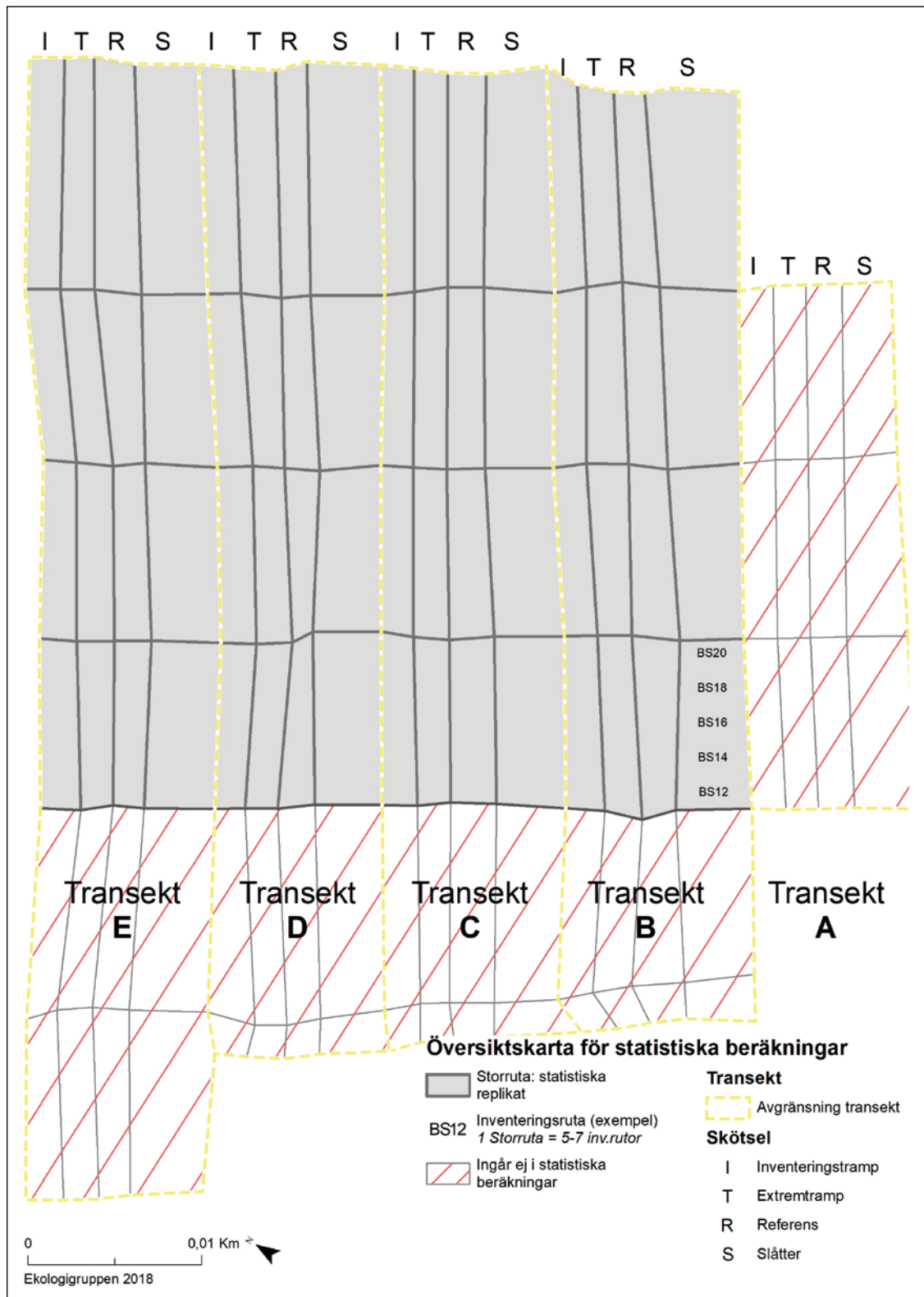
Reduceringen av data i storrutor gjordes genom att beräkna medelvärden av miljövariablerna över alla smårutor (som mäts i var tredje inventeringsruta), men artförekomster (ex. gulyxne) summerades. Summering av arter gjordes för att undvika för analysen svårhanterade decimaldata (se nedan). På så sätt kunde dessa analyser baseras på ett dataset med färre observationer men också en mindre andel nollor än i det totala datasetet.

Tillvägagångssättet medför att analyserna av behandlingseffekter endast kunde inkludera de variabler som mättes med samma upplösning som gulyxne (dvs. exempelvis inte mossor och grundvatten). Detta anses dock inte som ett problem då designen är gjord för att jämföra behandlingseffekter oberoende av andra variabler och eftersom många av de andra variablerna snarare bör ses som ytterligare responsvariabler än förklaringsvariabler för förekomst av gulyxne. Dessa variabler analyserades därför i separata analyser, som responsvariabler i relation till behandlingseffekter. Detta medförde också stabilare modeller, vilket tidigare redovisats som ett problem (Eriksson et al. 2017). Eftersom gulyxne räknades i rutor på  $8 \text{ m}^2$  i slåtråde ytor 2015 istället för  $4 \text{ m}^2$  rutor som under uppföljningsåren 2016 och 2017 dividerades antalet gulyxne i slåtråde ytor 2015 med två. Alla analyser av gulyxne inkluderar alla livsstadier, dvs. ingen uppdelning på de olika livsstadierna har gjorts i de kvantitativa analyserna.

### 2.2.2 Utvärdering av behandlingseffekt på gulyxne

Försöket baseras på att antalet gulyxne i de olika behandlingarna har räknats både före och efter behandlingarnas start, dvs. så kallad BACI-design (Before/After/Comparator/Intervention).

Analysen görs med en modell som baseras på en Poisson-fördelning. I det aktuella försöket finns det dock, trots justering av datasetet, ett stort antal rutor där man inte hittar någonting alls, det vill säga att punkten får värdet 0. Denna typ av data ger modeller som är *zero-inflated*, eller inflation av nollor. I detta projekt använder vi oss av funktionen `glmnamdb()` i R-paketet *glmnamdb* (Skaug et al. 2013). Denna funktion räknar fram en korrektionsfaktor (zero-inflation factor) som syftar till att hantera det stora antalet nollor i materialet. Denna modell väljs för att den är en av de få som kan hantera en så kallad "mixed model" som kan innehålla både *fixed* och *random* variabler. En *fixed* variabel är en variabel som räknas som upprepningsbar (till exempel typ av behandling) och en *random* variabel är en faktor som på något sätt finns på grund av slumpen (till exempel vilken transekt en punkt tillhör). Eftersom artdata (responsvariabler) hade summerats per storruta (se ovan) kunde modeller med s.k. Poisson-fördelning av residualerna användas. Detta innebär att för modellerna används en *random* faktor (grupperingsvariabel) definierad som storruta kopplad inom transekter, vilket betyder att modellerna korrigerar för eventuella skillnader i totalvärden mellan storrutorna, och att totalvärdesskillnaderna mellan storrutor kan skilja sig mellan transekter.



**Figur 2-2.** Översiktskarta över det delområde av det totalt inventerade området som används vid de statistiska beräkningarna.

BACI-designen medför att en modell med interaktion mellan BA- och CI-komponenterna svarar på frågan om behandlingarna skiljer sig åt. I detta fall motsvarar BA-komponenten effekten av år (2015, 2016, 2017) och CI-komponenten motsvarar effekten av behandlingarna (slätter, inventeringstramp, extremtramp och referens). Varje behandling har möjligheten att ha olika utgångsvärden (inventeringsåret 2015); det är då den relativa skillnaden jämfört med utgångsvärdet som är intressant. Effekten av variabeln år svarar bara på frågan om gulyxneförekomsterna har förändrats mellan de tre åren (med hänsyn till effekten av behandling), effekten av variabeln behandling svarar bara på om behandlingarna skiljer sig åt (med hänsyn till effekten av år), medan en signifikant interaktion innebär att skillnaderna mellan åren skiljer sig mellan behandlingarna.

Eftersom det primära intresset i analysen är jämförelsen mellan de tre behandlingarna och referensytorna, och denna skillnad i relation till utgångsåret 2015, användes data för responsvariablerna (ex. förekomst av gulyxne) i referensytorna 2015 som utgångspunkt i analyserna.

För att uppskatta effekterna av respektive behandling användes därför statistik och p-värden från *summary()*-funktionen för *glmmadmb()*-modellerna (där effekten av alla variabler sätts i relation till referensytorna 2015). Ingen modell reducerades eftersom det är interaktionen mellan år och behandling som är av intresse för denna BACI-design. Före slutgiltig analys testades alla modeller för att avgöra vilken av Poisson-modellerna för funktionen *glmmadmb()* (family: *poisson*, *nbinom*, *nbinom1*) som bäst passade dessa data genom att jämföra AIC-värden mellan dessa tre modeller. Modeller med *nbinom1*-fördelning visade sig alltid passa data bäst.

Effekten av avstånd till närmaste inventeringsruta med gulyxneförekomst (oberoende av i vilken transekt den gulyxneförekomsten finns) undersöktes genom en separat analys. Detta gjordes i motsats till ovanstående analys på inventeringsrute-data, eftersom avståndsdata är specifikt per inventeringsruta och inte går att summera per storruta. Först skapades en modell med endast år och behandling som förklaringsvariabler, och sedan inkluderades avståndet till närmaste gulyxne (log-transformerad) som en extra variabel. Dessa modeller jämfördes sedan med Chi-square-test för att se om modellen förbättrades signifikant med inkludering av avståndsvariabeln. Detta tillvägagångssätt gör att effekten av behandling kan analyseras så som den bör analyseras med denna BACI-design, och att tillägget av avstånd till närmaste gulyxne kan göras för att utvärdera om det eventuellt finns populationsdynamiska effekter som tar över effekten av behandling. På samma sätt analyserades avstånd från basen av påträffad gulyxne till närmaste vattenyta (log-transformerat) men endast för inventeringsrutor med träff av gulyxne. Analyserna utfördes på samma sätt som beskrivits ovan (*glmmadmb*-modeller), samt att inkludering av en polynomial term av avstånd till vattenyta testades (modelljämförelse, "Chi-square"-test).

### 2.2.3 Utvärdering av behandlingseffekt på övriga responsvariabler

För att utvärdera behandlingseffekter på övriga responsvariabler (se 2.2.2) analyserades dessa data genom motsvarande tillvägagångssätt som i 2.2.2 (dvs. med endast effekter av behandling och år) för ovan beskrivna responsvariabler: övriga kärlväxtarter, busktäckning, mossor, vass och förna. Kärlväxtarterna och täckning av spjut- och brunmossor analyserades med motsvarande *glmmadmb*-modellering som beskrivits ovan för gulyxne. Förna- och vasstäckning analyserades med linjära mixade modeller (package *nlme*, Pinheiro et al. 2017) (vasstäckning  $\sqrt{\cdot}$ -transformerades för bättre modellutförande). Statiska modeller som har använts finns beskrivna i bilaga 1.

### 3 Resultat

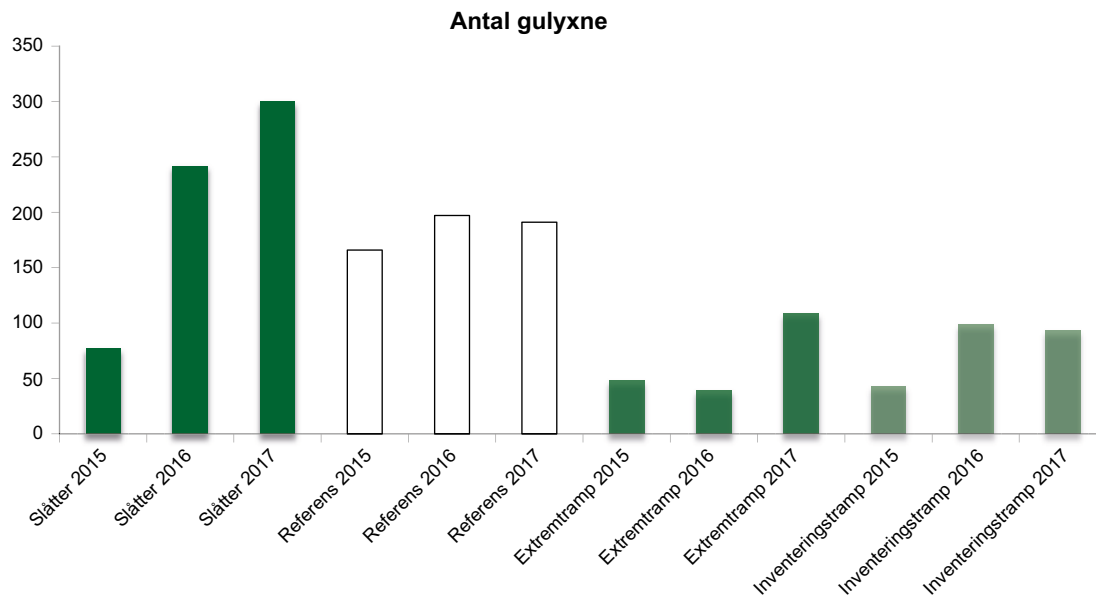
Inventeringsresultatet från uppföljningsinventeringen har levererats till SKB som en excelfil och som en shapefil. Mer detaljer kring dataleveransen finns i kapitel 5 Dataleverans.

#### 3.1 Grunddata gulyxnepopulation

Vid inventeringen 2017 hittades totalt 693 individer av gulyxne varav 250 fertila, 351 st. med dubbel bladrosett (2 blad) och 92 st. med enkel bladrosett (1 blad). I transekt D och E har den största ökningen skett. Totalt sett har populationen ökat med 107,5 % sedan 2015 års basinventering och med 44 % sedan 2016 års uppföljningsinventering. För fördelning mellan transekterna se tabell 3-1. Figur 3-2 redovisar fördelning mellan skötseltyper och referens. I figur 3-3 och figur 3-4 visas utbredningen av skillnaden mellan antalet funna gulyxne grafiskt för 2015 och 2016 respektive för 2015 och 2017. I figur 3-3 och 3-4 visas även i vilka rutor som minst en fertil individ har påträffats under 2016 respektive 2017 års inventering.

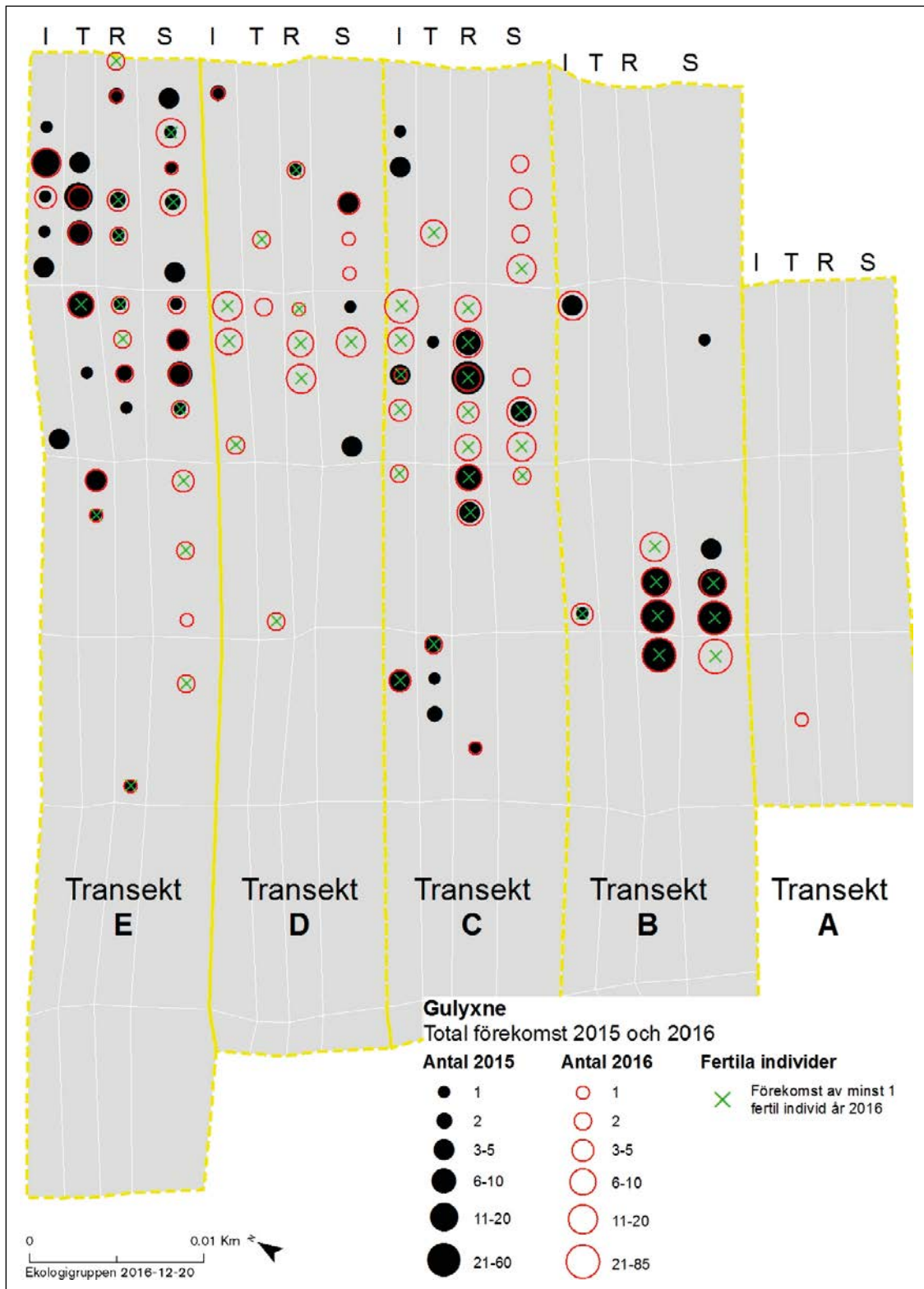
**Tabell 3-1. Fördelning av funna individer av gulyxne i transekterna för år 2015, 2016 och 2017. I varje transekt finns alla skötseltyper och referens representerade. För 2016 och 2017 redovisas både totala antalet individer samt de antal individer som ligger utanför 2 × 2 metersrutan i slåtter-transekterna inom parentes. En sammanställning av samtliga transekter för respektive år finns i slutet av tabellen.**

Transekt	Gulyxne totalt	Fertila	Vegetativ, två-bladig	Vegetativ, en-bladig
A-2015	0	0	0	0
A-2016	1 (1)	0	0	1 (1)
A-2017	0	0	0	0
B-2015	146	42	65	39
B-2016	174 (54)	54 (17)	93 (32)	27 (5)
B-2017	169 (36)	63 (9)	95 (24)	11 (3)
C-2015	75	9	36	30
C-2016	146 (32)	52 (9)	81 (21)	13 (2)
C-2017	213 (29)	89 (11)	99 (17)	25 (1)
D-2015	12	4	5	3
D-2016	66 (2)	21 (0)	40 (2)	5 (0)
D-2017	156 (32)	43 (14)	94 (18)	19 (0)
E-2015	101	22	64	15
E-2016	93 (9)	21 (4)	56 (4)	16 (1)
E-2017	155 (26)	55 (6)	63 (9)	37 (11)
A till E 2015	334	77	170	87
A till E 2016	480 (98)	148 (30)	270 (59)	62 (9)
A till E 2017	693 (123)	250 (40)	351 (68)	92 (15)

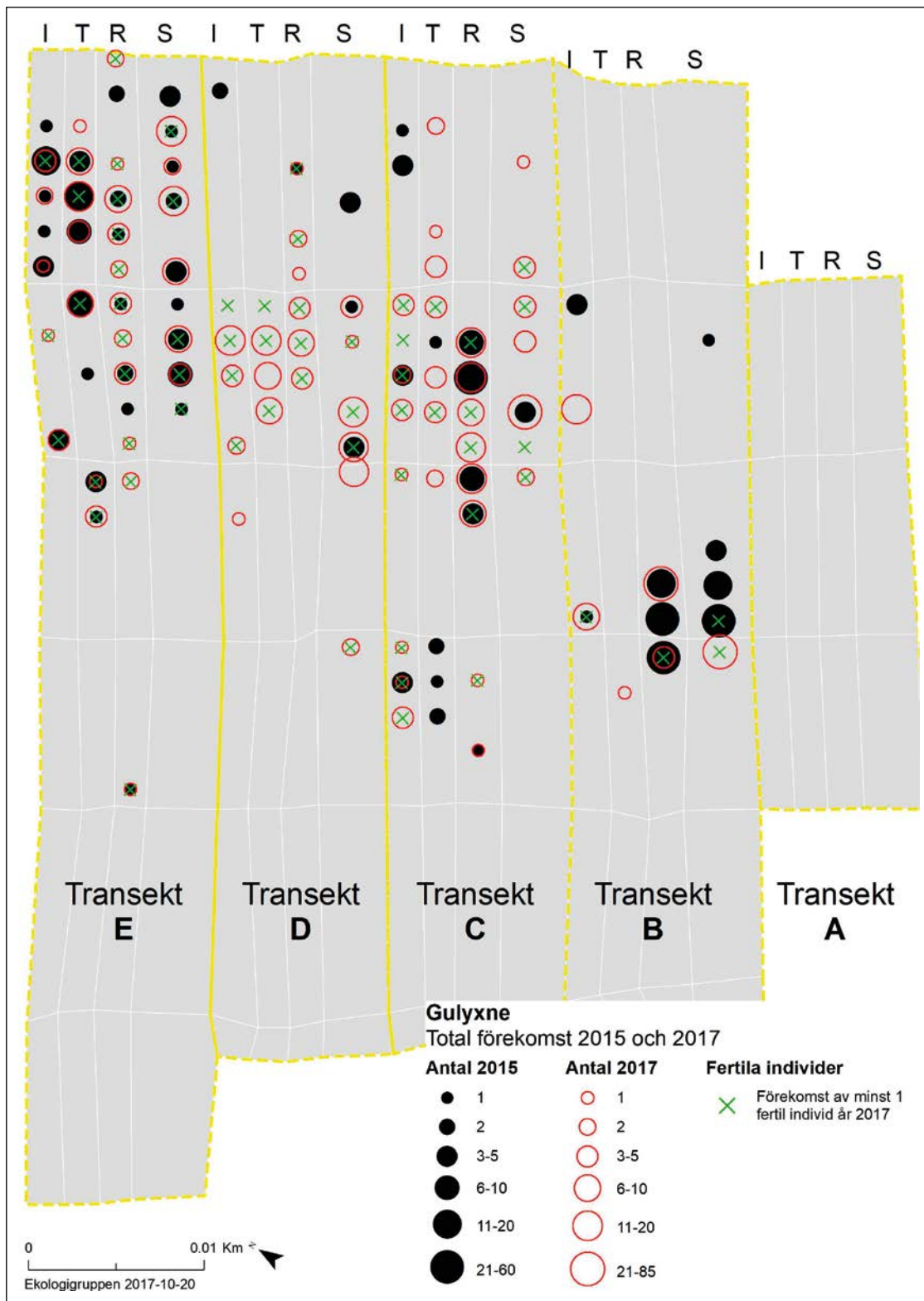


**Figur 3-1.** Antal gulyxne per skötseltyp och referens 2015, 2016 och 2017.





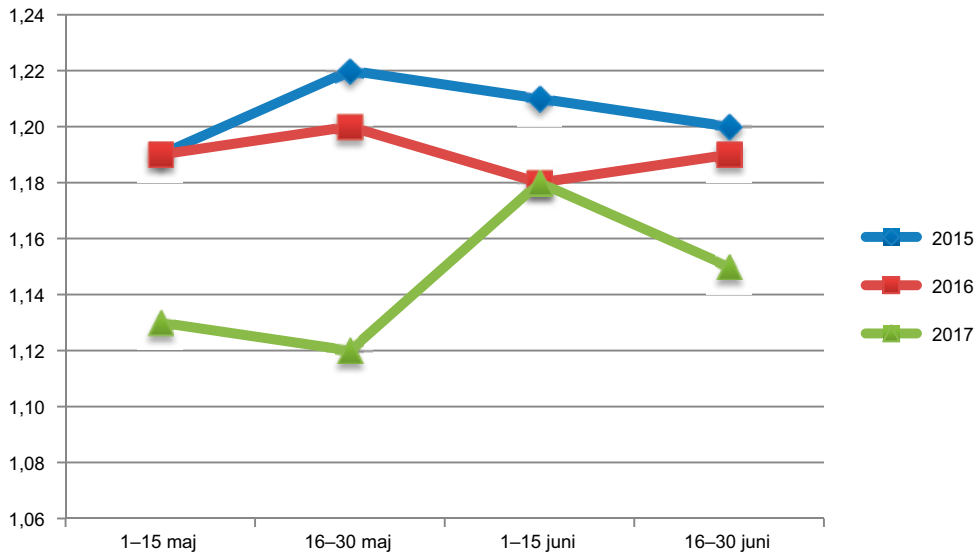
**Figur 3-2.** Abundans av gulyxne 2015 och 2016. De olika transekterna är markerade med S=Slåtter, R=Referens, T=Extremtramp och I=Inventeringstramp. Ett grönt kryss visar i vilka rutor som minst 1 fertil individ har påträffats under 2016 års inventering.



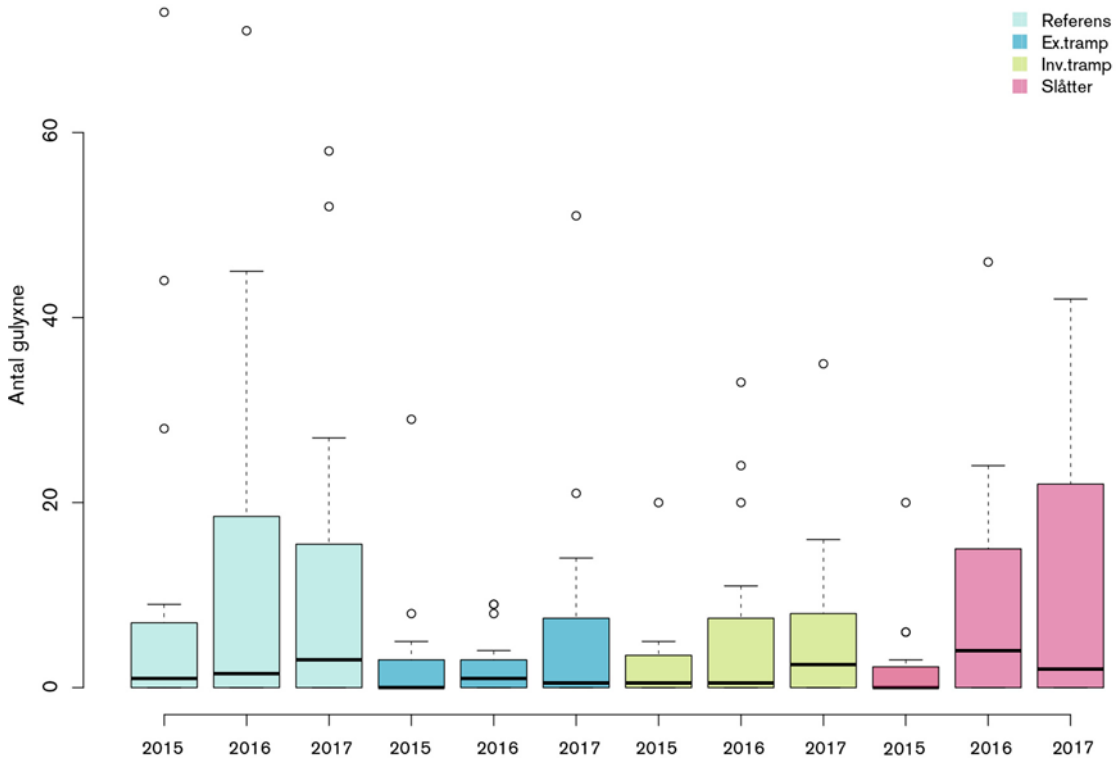
**Figur 3-3.** Abundans av gulyxne 2015 och 2017. De olika transekterna är markerade med S=Slåtter, R=Referens, T=Extremtramp och I=Inventeringstramp. Ett grönt kryss visar i vilka rutor som minst 1 fertil individ har påträffats under 2017 års inventering.

### 3.2 Grundvattennivåer

Grundvattenmätningar startade i juli 2014 och grundvattenröret ominstallerades under våren 2016. Då andra studier (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014) påvisar att grundvattennivåerna är viktiga i början av årets tillväxt redovisas här endast medelvärden för grundvatten under maj till juni för år 2015, 2016 respektive 2017 (figur 3-5). Grundvattennivåerna under tillväxtperioden 2017 är markant lägre än under tidigare år.



**Figur 3-4.** Grundvattenmätningar (m ö h) maj till juni för 2015, 2016 och 2017. Vattenståndsförändring gentemot startåret 2015 (Data Delivery Sicada-16-075 (2015 och 2016) och Sicada-18-006 (2017)).

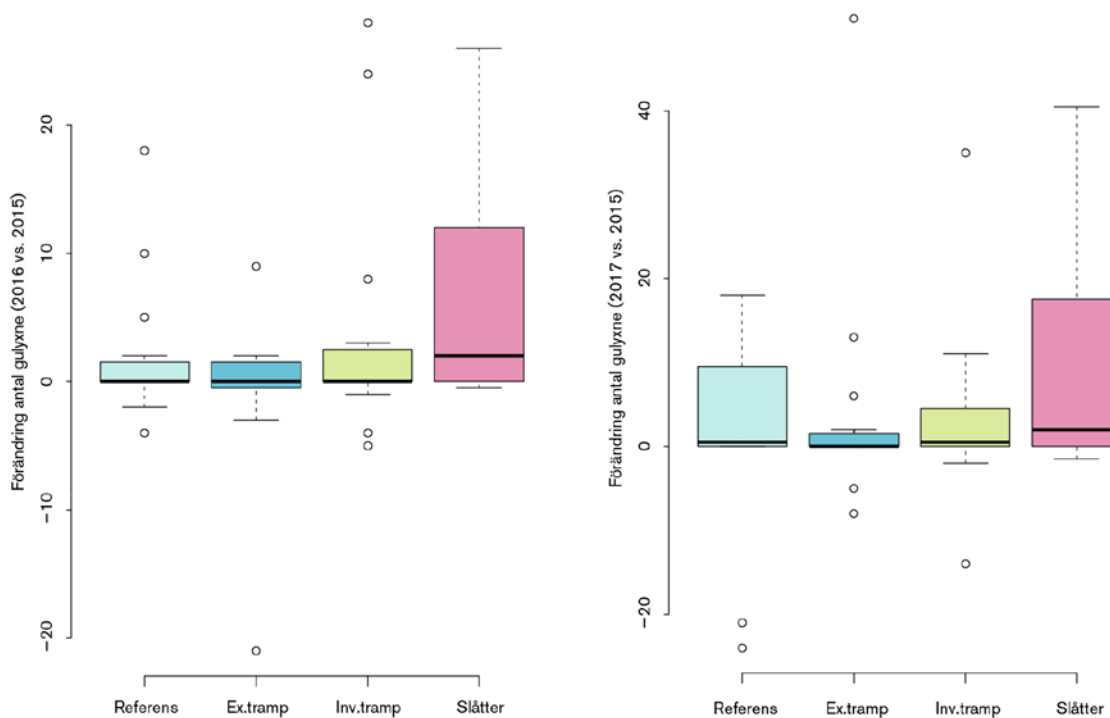


**Figur 3-5.** Antal gulyxne per storruta (totalt) per år och behandling. Staplar/lådor visar medianvärde (svart streck) samt 25 % och 75 % kvartiler (dvs. där 50 % av värdena återfinns), maximum/minimum (streckade linjer; om < tredje kvartilen + 1,5 \* IQR, där IQR = skillnaden mellan 25 % och 75 % kvartiler; annars extremvärden), samt extremvärden (cirklar).

### 3.3 Behandlingseffekter på gulyxne

Antal gulyxne tenderar till att ha ökat från 2015 till efterföljande år, oberoende av behandling (figur 3-6, tabell 3-8). Analysen på storruite-nivå visar att behandlingen av slåtter har haft en positiv effekt på antal gulyxne (alla livsstadier) sedan starten av experimentet 2015. Detta genom att ökningen mellan 2015 och 2016 är signifikant högre för de ytor som slåtrats jämfört med referensytorna, en skillnad som kvarstod 2017 (figur 3-7 och tabell 3-8). Ingen av de andra behandlingarna hade en signifikant effekt i relation till BACI-designen, även om ytor för alla behandlingarna har lägre antal gulyxne än referensytorna.

Antal gulyxne i en inventeringsruta är signifikant negativt relaterat till avstånd till närmaste inventeringsruta ( $p < 0.001$ ) med gulyxneförekomst. I analysen av endast inventeringsrutor med förekomst av gulyxne påvisades ingen effekt av avstånd från basen av en gulyxneindivid till grundvattenyta ( $p = 0.10$ ). Att inkludera en kvadratisk term av avstånd till grundvattenyta förbättrade inte modellen signifikant ( $p = 0.86$ ). Däremot återfanns 84 % av gulyxneförekomsterna inom 10 cm från närmaste grundvattenyta. Avstånd till grundvattenyta och förekomst av gulyxne är alltså relativt jämnt fördelade på ett avstånd mellan 1–10 cm från vattenytan (med något högre förekomst mellan 1–5 cm). Medelavståndet till grundvattenyta uppmättes till 5,75 cm med ett medelfel på 0,26 cm.



**Figur 3-6.** Relativ förändring av antal gulyxne per storruita (totalt) per behandling, uppdelat på förändring från 2015 till 2016 (vänster) och från 2015 till 2017 (höger). Staplar/lådor visar medianvärde (svart streck) samt 25 % och 75 % kvartiler (dvs. där 50 % av värdena återfinns), maximum/minimum (streckade linjer; om  $<$  tredje kvartilen +  $1,5 \cdot IQR$ , där  $IQR$  = skillnaden mellan 25 % och 75 % kvartiler; annars extremvärden, samt extremvärden (cirkclar).

**Tabell 3-8. Summeringstabell för GLMM-analys av antal gulyxne per storruta i relation till behandling, år och interaktion dem emellan. Koefficienter, z-värden, p-värden och signifikansnivåer redovisas. Tabellen redovisar skillnaden av behandling och år i relation till täckning/antal inom referensobjekten 2015.**

Variabel	Grupp	Koefficient	z	p	
Intercept	Referens (2015)	1,604	3,71	0,00021	***
Behandling	Extremtramp	-1,544	-2,63	0,00841	**
	Inventeringstramp	-1,143	-2,59	0,00958	**
	Slätter	-1,244	-2,78	0,00551	**
År	2016	0,163	0,5	0,61645	
	2017	0,219	0,68	0,4989	
Behandling: År	Extremtramp: 2016	0,823	1,13	0,25834	
	Inventeringstramp: 2016	0,405	0,72	0,47222	
	Slätter: 2016	1,115	2,11	0,03524	*
	Extremtramp: 2017	1,108	1,64	0,10066	
	Inventeringstramp: 2017	0,443	0,81	0,4154	
	Slätter: 2017	1,165	2,18	0,02949	*

\* = 0,05 > p > 0,01

\*\* = 0,01 > p > 0,001

\*\*\* = p < 0,001

### 3.4 Behandlingseffekter på övriga responsvariabler

Liksom för antal gulyxne hade slätter en signifikant påverkan på busktäckning, jämfört med referensytorna. Slätter hade även en negativ inverkan på antal ängsnycklar efter det första uppföljningsåret (ej 2017), medan antal kärknippot påverkades negativt av extremtramp under det första uppföljningsåret (tabell 3-9). Slätter hade även en positiv effekt på täckning av brunmossa (endast 2017), vilket också extremtramp hade parallellt med en negativ inverkan på förnatäckning (endast 2017). Spjutmossa påverkades negativt av extremtramp (endast 2016), men det fanns stora problem med modellen och en visuell kvalitativ analys av data tyder på att det stora antalet nollor på något sätt var mycket problematiskt för just denna modell (tabell 3-10).

**Tabell 3-9. Summeringstabell för GLMM-analys av busktäckning (medel) och antal ängsnycklar, kärknippot och slätterblomma per storruta i relation till behandling, år och interaktion dem emellan. Koefficienter, z-värden, p-värden och signifikansnivåer redovisas. Tabellen redovisar skillnaden av behandling och år i relation till täckning/antal inom referensobjekten 2015.**

Ängsnycklar ( <i>nbinom1</i> )					
Variabel	Grupp	Koefficient	z	p	
Intercept	Referens (2015)	-0,903	-1,28	0,201	
Behandling	Extremtramp	0,505	1,12	0,263	
	Inventeringstramp	-0,117	-0,23	0,821	
	Slätter	0,712	1,68	0,093	
År	2016	0,579	1,38	0,168	
	2017	-0,238	-0,49	0,624	
Behandling: År	Extremtramp: 2016	-0,921	-1,39	0,166	
	Inventeringstramp: 2016	-1,425	-1,72	0,085	
	Slätter: 2016	-1,221	-2,05	0,04	
	Extremtramp: 2017	-0,762	-1,06	0,289	
	Inventeringstramp: 2017	-1,245	-1,32	0,188	
	Slätter: 2017	-1,052	-1,51	0,132	

**Slätterblomma (nbinom1)**

Variabel	Grupp	Koefficient	z	p
Intercept	Referens (2015)	2,00133	4,32	<0,001
Behandling	Extremtramp	-0,50539	-1,86	0,0624
	Inventeringstramp	-0,09943	-0,34	0,7369
	Slätter	0,15628	0,66	0,5065
År	2016	-0,75418	-2,59	0,0097
	2017	-0,1728	-0,69	0,4888
Behandling: År	Extremtramp: 2016	0,032	0,07	0,9431
	Inventeringstramp: 2016	0,31137	0,71	0,4792
	Slätter: 2016	0,2633	0,67	0,5018
	Extremtramp: 2017	-0,00633	-0,02	0,987
	Inventeringstramp: 2017	-0,01216	-0,03	0,9751
	Slätter: 2017	0,2066	0,61	0,5413

**Kärknippot (nbinom1)**

Variabel	Grupp	Koefficient	z	p
Intercept	Referens (2015)	2,7975	5,37	<0,001
Behandling	Extremtramp	-0,197	-0,69	0,49
	Inventeringstramp	0,1812	0,68	0,499
	Slätter	0,0606	0,22	0,824
År	2016	0,1183	0,44	0,656
	2017	-0,0974	-0,35	0,724
Behandling: År	Extremtramp: 2016	-1,0927	-2,35	0,019
	Inventeringstramp: 2016	0,0943	0,26	0,793
	Slätter: 2016	0,019	0,05	0,959
	Extremtramp: 2017	-0,1214	-0,3	0,764
	Inventeringstramp: 2017	0,0207	0,06	0,956
	Slätter: 2017	-0,297	-0,75	0,452

**Busktäckning (no zero-inflation modell; nbinom1)**

Variabel	Grupp	Koefficient	z	p
Intercept	Referens (2015)	0,6829	1,52	0,1295
Behandling	Extremtramp	-0,5605	-1,76	0,0791
	Inventeringstramp	-0,7268	-2,12	0,0342
	Slätter	0,0712	0,27	0,791
År	2016	-0,133	-0,46	0,643
	2017	0,2571	0,98	0,3247
Behandling: År	Extremtramp: 2016	0,6154	1,41	0,1574
	Inventeringstramp: 2016	0,6396	1,38	0,1661
	Slätter: 2016	-0,8803	-1,99	0,0468
	Extremtramp: 2017	0,2299	0,55	0,5815
	Inventeringstramp: 2017	0,474	1,08	0,2784
	Slätter: 2017	-1,2243	-2,86	0,0042

\* = 0,05 &gt; p &gt; 0,01

\*\* = 0,01 &gt; p &gt; 0,001

\*\*\* = p &lt; 0,001

**Tabell 3-10. Summeringstabell för GLMM-analys av täckning av vass, förna, spjutmossa och brunmossa (medel per storruta) i relation till behandling, år och interaktion dem emellan. Koefficienter, t/z-värden, p-värden och signifikansnivåer redovisas. Tabellen redovisar skillnaden av behandling och år i relation till täckning/antal inom referensobjekten 2015.**

		Vasstäckning (linjär modell)			
Variabel	Grupp	Koefficient	t	p	
Intercept	Referens (2015)	4,031	5,629	p<0,001	***
Behandling	Extremtramp	-0,183	-0,346	0,730	
	Inventeringstramp	-0,220	-0,415	0,679	
	Slätter	-0,534	-1,009	0,315	
År	2016	1,758	3,322	0,001	**
	2017	1,354	2,557	0,011	
Behandling: År	Extremtramp: 2016	0,573	0,766	0,445	
	Inventeringstramp: 2016	0,636	0,850	0,397	
	Slätter: 2016	-0,364	-0,486	0,628	
	Extremtramp: 2017	0,800	1,069	0,287	
	Inventeringstramp: 2017	0,214	0,286	0,776	
	Slätter: 2017	0,140	0,187	0,852	
		Förnatäckning (linjär modell)			
Variabel	Grupp	Koefficient	t	p	
Intercept	Referens (2015)	69,625	6,991	p<0,001	***
Behandling	Extremtramp	2,115	0,333	0,740	
	Inventeringstramp	2,458	0,387	0,699	
	Slätter	-18,729	-2,950	0,004	
År	2016	2,115	0,333	0,740	
	2017	5,479	0,863	0,389	
Behandling: År	Extremtramp: 2016	-1,510	-0,168	0,867	*
	Inventeringstramp: 2016	-3,260	-0,363	0,717	
	Slätter: 2016	-11,396	-1,269	0,206	
	Extremtramp: 2017	-20,031	-2,231	0,027	
	Inventeringstramp: 2017	-5,427	-0,604	0,546	
	Slätter: 2017	-14,281	-1,591	0,114	
		Spjutmossetäckning (nbinom)			
Variabel	Grupp	Koefficient	z	p	
Intercept	Referens (2015)	2,900	10,610	<0,001	***
Behandling	Extremtramp	-0,022	-0,040	0,966	
	Inventeringstramp	-0,662	-1,480	0,140	
	Slätter	-1,140	-2,730	0,006	
År	2016	0,378	0,780	0,435	
	2017	-24,600	0,000	0,999	
Behandling: År	Extremtramp: 2016	-4,060	-3,650	0,000	***
	Inventeringstramp: 2016	-0,205	-0,320	0,746	
	Slätter: 2016	0,961	1,520	0,128	
	Extremtramp: 2017	0,022	0,000	1,000	
	Inventeringstramp: 2017	26,100	0,000	0,999	
	Slätter: 2017	24,100	0,000	0,999	

		Brunmossetäckning ( <i>nbinom1</i> )			
Variabel	Grupp	Koefficient	z	p	
Intercept	Referens (2015)	3,288	11,290	<2e-16	***
Behandling	Extremtramp	-0,178	-0,510	0,614	
	Inventeringstramp	-0,540	-1,460	0,144	
	Slätter	-0,188	-0,630	0,529	
År	2016	0,176	0,620	0,537	
	2017	-0,044	-0,140	0,888	
Behandling: År	Extremtramp: 2016	0,242	0,530	0,593	
	Inventeringstramp: 2016	0,329	0,700	0,484	
	Slätter: 2016	0,314	0,790	0,430	
	Extremtramp: 2017	0,814	1,780	0,075	
	Inventeringstramp: 2017	0,781	1,640	0,100	
	Slätter: 2017	0,878	2,160	0,031	*

\* =  $0,05 > p > 0,01$

\*\* =  $0,01 > p > 0,001$

\*\*\* =  $p < 0,001$



## 4 Diskussion

Resultaten från 2017 års uppföljning visar att slåtter har en positiv effekt på populationen av gulyxne. Ingen av de andra behandlingarna kan påvisas ha någon effekt på populationen. Effekten av slåtter syns när jämförelser av populationens storlek för respektive år görs med basåret 2015. Effekten som har visats är svag, men signifikant. Effekten är i linje med tidigare studier som visat på positiva effekter av slåtter (Andersen et al. 2015, Oostermeijer och Hartman 2014, McMaster 2001, Wheeler et al. 1998).

Förutom påverkan av slåtter hittas i denna utvärdering en signifikant negativ effekt av avstånd till närmaste gulyxne, d.v.s. att en enskild individ av gulyxne finns troligast i närheten av en annan individ. Det betyder att sannolikheten för att gulyxne ska växa på en enskild plats i denna våtmark kan vara starkt kopplad till artens populationsdynamik/etableringsdynamik i tillägg till vilken behandling som påförs. Våra resultat tyder på att både avstånd och skötsel påverkar förekomsten av gulyxne d.v.s. gulyxne sprider sig vanligast mycket korta avstånd men spridningen gynnas av slåtter.

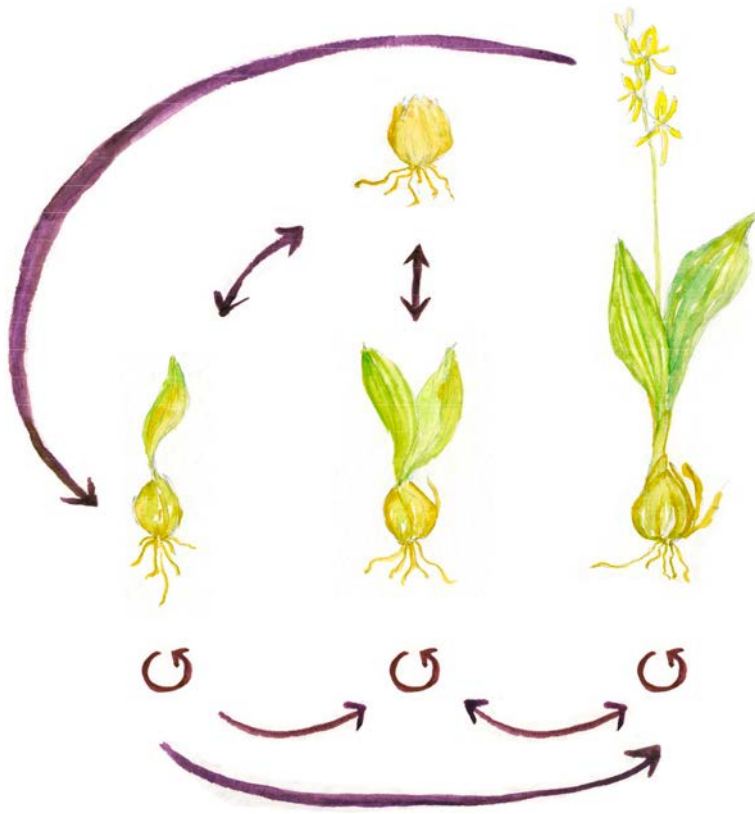
Slåtter hade också en signifikant påverkan på busktäckning, med relativt sett större minskning av busktäckning i slåtrade ytor jämfört med referensytor. Slåtter hade även en negativ inverkan på antal ängsnycklar efter det första uppföljningsåret (ej 2017), men en positiv effekt på brunmossor (endast 2017). Därmed kan den positiva effekten av slåtter på gulyxne indirekt kopplas till busktäckning. Det kan till exempel handla om att mindre buskar ger mer ljusinstrålning eller ändrat mikroklimat. Det är i dagsläget dock oklart vad kopplingen mellan busktäckning och förekomst av gulyxne består av.

Eftersom de negativa effekterna på ängsnycklar och kärrknipprot inte bestod det andra året så kan i dagsläget inga generella slutsatser att slåtter eller extremtramp påverkar dessa negativt dras på storrutenivå. Det är dock viktigt att följa dessa effekter närmare kommande år. Om dessa effekter påvisas under efterföljande år kan det bli aktuellt att överväga huruvida tramp i olika former ska fortsätta eller ej. Försöket är fortfarande i tidigt stadium och vi förväntar oss starkare och möjligen fler behandlingseffekter framöver, vilket exempelvis den positiva effekten av slåtter på brunmossor visar (uppstod först 2017).

I ljuset av att vi kunde fastställa en positiv effekt av slåtter och att det finns någon typ av spatial effekt som påverkar var gulyxne förekommer, kan det vara intressant att fundera på att vidare undersöka hur möjligheten till etablering av gulyxne kan maximeras. Det skulle kunna göras genom att ett nytt försök påbörjas, där slåtter ingår som skötsel i alla ytor, men där olika typer av restaureringsåtgärder eller fröspridningsåtgärder genomförs. Exempelvis kan det vara intressant att utforska hur markomrörning, bränning och manuell fröspridning, alla i kombination med slåtter, påverkar etableringen av arten.

Gulyxnepopulationen i våtmark 48 har ökat med 107,5 % sedan basinventeringen 2015 och i flera inventeringsrutor förekommer blommande individer trots att inga individer hittades där under 2015 års inventering. Under optimala förhållanden tar det 4–5 år att slutföra livscykeln, från frö till blommande individ. En faktor som påvisats i andra studier (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014) är att det finns flera avvikelser i livscykeln på grund av ogynnsamma eller extra gynnsamma förhållanden. Dessa är att stamknölen kan vara vilande ett år, att juveniler (enkelblad) kan blomma direkt året efter och att de kan befinna sig i samma livsstadium under flera år. Vilande stamknölar skulle därför kunna vara en delförklaring till att blommande individer påträffats trots avsaknad av individer året innan. Figur 4-1 visar livscykeln för gulyxne med alla påvisade övergångar. Vegetativ förökning kan förekomma (Andersen et al. 2015).

I andra studier (Wheeler et al. 1998, McMaster 2001, Oostermeijer och Hartman 2014) har även de hydrologiska förhållandena (vattennivån) i början av årets tillväxtperiod visat sig ha betydelse för övergångar och andel vilande stamknölar. Låga vattenstånd på gulyxnelokaler i England kopplats till eventuellt minskad överlevnad. Om det främst är själva vattennivån eller andra faktorer som konkurrerar med andra arter, herbivori eller annat som är orsaken är oklart.



**Figur 4-1.** Livscykel gulyxne (baserat på Wheeler et al. 1998). Illustration: Anna Maria Larson, Ekologigruppen AB, 2016.

I Forsmarksområdet är det troligt att tillväxtperioden är under perioden maj och juni. Grundvattensdata visar på lägre nivåer för 2016 under tillväxtperioden maj/juni med 2–3 cm, jämfört med 2015 och mycket lägre nivåer under 2017 med mellan 3 och 10 cm. Då gulyxnerosetternas bas till stora delar förekommer inom 10 cm från närmaste grundvattenyta finns möjligheten att stamknölnarna under tillväxtperioden 2017 i större utsträckning har befunnits sig ovan grundvattenytan, detta kan vara en orsak till den goda tillväxten 2017. Även frögroning, förekomst av mykorrhizasvamp samt överlevnad av groddplantor kan ha påverkats av grundvattennivån. För att säkerställa detta orsakssamband krävs dock mer riktade undersökningar av vattennivåer vid olika tillfällen på året, kombinerat med undersökningar av förekomst av gulyxne i olika livsstadier, gärna på flera olika platser.

## 4.1 Förslag på fortsatta arbeten

### 4.1.1 Inventering

Inventeringen bör fortsätta att ske årligen för att följa upp hur effekten av slätter, röjning av vedartad vegetation samt tramp påverkar förekomsten av gulyxne. Gulyxne inventeras under mitten av juni till mitten av juli. Möjligen kan inventering ske vartannat år för att frigöra medel till en studie om etablering av gulyxne.

Inventeringen bör ske av gulyxne, andra rikkärrsarter samt buskskiktets täckning och antal. Möjligen bör vass-täckningen inventeras i samtliga rutor, istället för som nu i var tredje ruta.

#### **4.1.2 Skötselåtgärder**

Slåtter med röjsåg bör utföras årligen. Särskild röjning av vedvegetation kommer inte att vara nödvändig om slåtter utförs årligen.

Extremtramp bör genomföras under 2018 och därefter utvärderas för att se om eventuella negativa effekter på vissa rikkärsarter tydligt kan påvisas.

#### **4.1.3 Grundvattennivåer under tillväxtperioden**

Vidare studier på grundvattennivåer under tillväxtperioden skulle kunna ge uppfattningar om hur vattenståndsvariationer över året och åren kan påverka gulyxnepopulationen. Exempelvis om det finns skillnader i vattenståndsvariationer mellan våtmarker som korrelerar med gulyxneförekomst. Även fortsatt jämförelse mellan åren och under tillväxtperioden (maj/juni) bör studeras för våtmark 48.

#### **4.1.4 Statistiska analyser**

Inga föreslagna förändringar.



## 5 Dataleverans

Förutom denna rapport levererades grunddata för såväl 2015, 2016 och 2017 i ett Excel-dokument – Ekologigruppen\_BI355-Wetland surveying\_20171201.xlsm samt en shapefil – *Vatmark\_48\_2017.shp*. Shapefilen har koordinatsystemet SWEREF99 18 00 med attributtabell. Metadata presenteras i ett metadatablad som levererades tillsammans med GIS-filerna.



## Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer). SKBdoc-dokument lämnas ut vid förfrågan till [dokument@skb.se](mailto:dokument@skb.se).

- Andersen D K , Ejrnæs R, Vinther E, Svendsen A, Bruun H H, Buchwald E, Vikstrøm T, 2015.** Forvaltning af rigkær: udgangspunkt i voksesteder af mygblomst. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi 150, Aarhus Universitet, Danmark.
- Eriksson Å, Bergsten A, Collinder P, 2015.** Basinventering av gulyxne inför skötsel av våtmarker i Forsmark 2015. SKB P-16-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Eriksson Å, Schnoor, T, Collinder P, 2017.** Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Mannheimer Svartling, 2011.** Ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen. SKBdoc 1270756 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- McMaster R T, 2001.** The population biology of *Liparis loeselii*, Loesel's Twayblade, in a Massachusetts wetland. *Northeastern Naturalist* 8, 163–178.
- Oostermeijer J G B, Hartman Y, 2014.** Inferring population and metapopulation dynamics of *Liparis loeselii* from single-census and inventory data. *Acta Oecologica* 60, 30–39.
- Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, R Core Team, 2017.** Linear and nonlinear mixed effects models. *nlme* R package version 3.1-131. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html>
- Skaug H, Fournier D, Nielsen A, Magnusson A, Bolker B, 2013.** Generalized Linear Mixed Models using AD Model Builder. R package version 0.7.5.
- Sundberg S, 2006.** Åtgärdsprogram för bevarande av rikkärr: inklusive arterna gulyxne *Liparis loeselii* (NT), kalkkärrsgrynsnäcka *Vertigo geyeri* (NT) och större agatsnäcka *Cochlicopa nitens* (EN). Rapport 5601, Naturvårdsverket.
- Sundberg S, 2007.** Instruktion för inventering av rikkärr. Version 2.0. Länsstyrelsen i Uppsala län.
- Wheeler B D, Lambley P W, Geeson J, 1998.** *Liparis loeselii* (L.) Rich. In eastern England: constraints on distribution and population development. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126, 141–158.





## Statistiska modeller som används

**Modell 1.** Full modell (GLMM) för antal gulyxne i relation till år, behandling och interaktionen mellan år och behandling.

```
gy_fm <-glmmadmb(round(gy_tot_4) ~ behandl + year + behandl:year + (1|trans/storruta),
data = dat, zeroInflation=TRUE, family="nbinom1")
```

**Modell 2.** Full modell (GLMM) för busktäckning i relation till år, behandling och interaktionen mellan år och behandling.

```
fm <-glmmadmb(round(busktäckning) ~ behandl + year + behandl:year + (1|trans/storruta),
data = dat, zeroInflation=FALSE, family="nbinom1")
```

**Modell 3.** Full modell (GLMM) för antal av kärlväxarterna och täckning av spjut- och brunmossor (generaliserat som: "RESPONS") i relation till år, behandling och interaktionen mellan år och behandling.

```
fm <-glmmadmb(round(RESPONS) ~ behandl + year + behandl:year + (1|trans/storruta), data = dat,
zeroInflation=TRUE, family="nbinom/nbinom1")
```

**Modell 4a–b.** Full modell (LMM) för täckning av förna och vass i relation till år, behandling och interaktionen mellan år och behandling.

```
a) lm_forn <-lme(förna ~ behandl + year + behandl*year,random=~1|trans/storruta, data = dat)
```

```
b) lm_vass <-lme(sqrt(vass) ~ behandl + year + behandl*year,random=~1|trans/storruta, data=dat)
```

**Modell 5a–b.** Full modell (GLMM) för antal gulyxne i relation till år, behandling och a) avstånd till närmaste gulyxne b) avstånd till vattenyta (där dessa variabler uppmättes).

```
a) gy_plot_1 <-glmmadmb(round(gy_tot_4) ~ behandl*year+dist_new + (1|trans/storruta), data = dat,
zeroInflation=TRUE, family="nbinom1")
```

```
b ) gy_plot_vatt_3b <-glmmadmb(round(gy_tot_4) ~ behandl*year+brv_cm + (1|trans/storruta),
data = dat2, zeroInflation=FALSE, family="nbinom")
```

SKB:s uppdrag är att ta hand om använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken så att människors hälsa och miljö skyddas på kort och lång sikt.

**skb.se**