

Rapport
P-16-02
Juni 2016



Basinventering av gulyxne inför skötsel av våtmarker i Forsmark 2015

Åsa Eriksson
Arvid Bergsten
Per Collinder

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

SWEDISH NUCLEAR FUEL
AND WASTE MANAGEMENT CO

Box 250, SE-101 24 Stockholm
Phone +46 8 459 84 00
skb.se

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING

ISSN 1651-4416

SKB P-16-02

ID 1537747

Juni 2016

Basinventering av gulyxne inför skötsel av våtmarker i Forsmark 2015

Åsa Eriksson, Arvid Bergsten, Per Collinder
Ekologigruppen AB

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

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från www.skb.se.

© 2016 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

På uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har Ekologigruppen AB under sommaren 2015 genomfört basinventeringar av transekter för uppföljning av hur skötselåtgärder påverkar populationer av orkidén gulyxne *Liparis loeselii*. Basinventeringen kommer att följas av årliga inventeringar för att följa upp förändringar av gulyxnepopulationen som ett svar på skötsel. Bakgrunden är att byggandet av det planerade kärnbränsleförvaret riskerar att påverka populationen av arten genom att påverka grundvattenförhållanden. Gulyxne har ett starkt skydd enligt artskyddsförordningen och dispens kan inte erhållas om populationen påverkas negativt. Med skötselåtgärder bedöms det möjligt att bibehålla eller öka populationen trots eventuell grundvattenpåverkan.

En metodik har tagits fram i samarbete med SLU och Stockholms universitet och baserar sig på undersökningstyp rikkärr (Naturvårdsverket 2013). Samtliga gulyxneförekomster har inventerats samt en grupp övriga rikkärrarter, och täckningsgrad av buskskikt, vass, förna och mossor uppdelat i brunmossor, spjutmossa och vitmossa.

De olika skötselåtgärderna är röjning av vedvegetation i kombination med slåtter samt extremtramp. Röjning av vedvegetation och slåtter med röjsåg har genomförts under augusti/september av Niklas Bengtsson, Lundby landskapsvård och extremtramp har genomförts av Ekologigruppen under september. Två referenser inventeras också, dels en referensyta där inventerarna tillåts gå i transekten, dels en referensyta som är avlyst från allt tramp. Avsikten är att utröna om själva inventeringstrampet i sig är en faktor som gynnar gulyxne.

Basinventeringen ska ligga till grund för uppföljning av skötselåtgärder och några analysresultat kan först fås vid jämförelser med uppgifter som framkommer efter det att kärret börjat skötas. De uppgifter som tagits fram i utredningen analyseras dock i denna rapport för att hitta förklaringsvariabler till varför gulyxne och andra rikkärrsväxter finns eller inte finns i delar av våtmarken.

Resultatet kan sammanfattas som att när det finns gulyxne finns det också kärrknipprot och ängsnycklar. Gulyxne växer inte gärna tillsammans med slåtterblomma (där det finns mycket slåtterblomma finns det färre gulyxne). Gulyxne är också ovanligare där det finns spjutmossa. Förekomst av brunmossa har allra starkast positiva samband med kärrknipprot, slåtterblomma och ängsnycklar. Med kärrknipprot, slåtterblomma, ängsnycklar och kärrspira fann vi måttligt starka negativa samband med förna, och svaga till måttliga negativa samband med vass. Dessa växtarter växer alltså i huvudsak där förnan inte är alltför kraftig och där det finns rikligt med brunmossa.

Summary

On assignment from the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB), Ekologigruppen AB in the summer of 2015 completed basic inventories of transects for monitoring the management actions affect populations of the fen orchid *Liparis loeselii*. The basic inventory will be followed by annual surveys to monitor changes in populations in response to changes in management. 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.

A methodology has been developed in collaboration with SLU and Stockholm University and is based on “Undersökningstyp rikkärr” (Naturvårdsverket 2013). The population of fen orchid has been inventoried and a group of other species connected to calcium rich fens and coverage of shrub layer, reeds, forest litter and different mosses and sphagnum.

Since this is a baseline inventory there are no results this year regarding the effect of management. However the data gathered in this investigation has been analysed to try to find explanations on during which conditions we are likely to find fen orchid and other species connected to calcium rich fens.

In summary, in places where fen orchids are found, marsh helleborine and early marsh-orchid are also present. Fen orchid is not growing with marsh grass-of-Parnassus (places with lots of marsh grass-of-Parnassus have fewer fen orchids). Fen orchid is also less common where pointed spear-moss is present. Presence of rich fen mosses has the strongest positive correlation with marsh helleborine, marsh grass-of-Parnassus and early marsh-orchid. Moderately strong negative correlations were found with litter and weak to moderately negative correlations with reed. These plant species thus mainly grow where the litter is not too thick and where there is plenty of rich fen mosses.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Artinformation gulyxne	9
2.1	Inventeringsområde, våtmark 48	10
3	Metodik	11
3.1	Transekter	11
3.2	Inventeringsytor	13
3.3	Inventering av ytor i transekter	13
3.4	Skötselåtgärder	16
3.4.1	Röjning av vedvegetation och slåtter	16
3.4.2	Extremtramp	17
3.4.3	Inventeringstramp	18
3.4.4	Referensyta	18
4	Resultat	19
4.1	Skötselåtgärder	19
4.1.1	Röjning av vedvegetation och slåtter	19
4.1.2	Trampning	19
4.2	Gulyxnepopulation	20
4.3	Samband och samvariation med andra variabler	21
4.3.1	Övergripande resultat	21
4.3.2	Kartor och interpolation av täckningsgrader	21
4.4	Statistisk analys	30
4.4.1	Samvariation mellan rikkärrsväxter	30
4.4.2	Regression – Metod	31
4.4.3	Regression – Resultat	31
5	Uppföljning	33
5.1	Uppföljning inventering	33
5.2	Uppföljning skötselåtgärder	33
5.3	Uppföljning statistiska analyser	33
5.3.1	Förslag på uppföljning och fortsatt analys	33
5.3.2	Analysmetoder för att testa effekter av skötsel	34
6	Dataleverans	35
	GIS-metadata	35
	Referenser	37

1 Inledning

På uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har Ekologigruppen AB under sommaren 2015 genomfört basinventeringar av transekter för uppföljning av hur skötselåtgärder påverkar populationer av orkidén gulyxne *Liparis loeselii*. Basinventeringen kommer att följas av årliga inventeringar för att följa upp förändringar av gulyxnepopulationen som ett svar på skötsel. Bakgrunden är att byggandet av det planerade kärnbränsleförvaret riskerar att påverka populationen av arten genom att påverka grundvattenförhållanden. Gulyxne har ett starkt skydd enligt artskyddsförordningen och dispens kan inte erhållas om populationen påverkas negativt. Med skötselåtgärder bedöms det möjligt att bibehålla eller öka populationen trots eventuell grundvattenpåverkan.

Moniteringen som redovisas i denna rapport syftar specifikt till att följa upp skötsel av våtmarker som en metod att öka eller bibehålla populationen av gulyxne i Forsmark. Detta är viktigt att kunna visa inför kommande miljöprövningar. Skötselåtgärderna utförs i en våtmark där den skyddade orkidén gulyxne växer. Denna art är en av flera som ingår i den artskyddsdispens som söktes parallellt med inlämnande 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. En skötselåtgärd som tidigare har visat sig gynna gulyxneförekomst är slätter av gulyxnelokaler. Effekten av denna åtgärd i Forsmarksområdet ska undersökas i en utvald lokal som ligger utanför det förväntade påverkansområdet. Även effekten av att röja vedartad vegetation i mer igenväxta delar av samma våtmark ska undersökas liksom hur tramp påverkar förekomsten av gulyxne i en oslåttrad miljö.

En metodik för uppföljning har tagits fram som baserar sig på undersökningstyp rikkärr (Naturvårdsverket 2013). Metodiken har utformats i diskussion med Sebastian Sundberg, SLU kärnväxtansvarig Artdatabanken, Simon Jacobsson, Stockholms universitet, Naturgeografiska institutionen och Anders Löfgren, EcoAnalytica.

Samtliga gulyxneförekomster har inventerats samt en grupp övriga rikkärrarter, och täckningsgrad av buskskikt, vass, förna och mossor uppdelat i brunmossor, spjutmossa och vitmossa.

De olika skötselåtgärderna är röjning av vedvegetation i kombination med slätter samt extremtramp. Röjning av vedvegetation och slätter med röjsåg har genomförts av Niklas Bengtsson, Lundby landskapsvård under augusti/september 2015 efter det att baslinjeinventeringarna slutförts. Extremtramp har genomförts av Ekologigruppen under september.

Förutom skötselytorna har två typer av referenser också inventerats, dels en referensyta som där inventerarna tillåts gå i transekten, del en referensyta som är avlyst från allt tramp. Avsikten är att utvärdera om själva inventeringstrampet i sig är en faktor som gynnar gulyxne.

Denna rapport redovisar resultaten från basinventeringen som genomfördes under juli 2015. Inventeringarna har genomförts enligt SKB:s interna styrdokument Aktivitetsplan AP SFK-15-012 (Våtmarksskötsel). Resulterande data från den aktuella aktiviteten lagras i SKB:s GIS-databas och vissa metadata lagras i primärdatabasen Sicada, i båda fallen är data spårbara via aktivitetsplansnumret (AP SFK-15-012).

Koordinatsatta observationer skickas även till Artdatabanken. 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.

2 Artinformation gulyxne

Gulyxne är en liten orkidé som är ca 1 dm hög. De större, ljusgröna, fettglänsande bladen som omger stjälkens nedre del är hela och tunglika och uppåtriktade. Blommorna är blekt gulgröna till färgen och ofta 5–10 till antalet.

Gulyxne tillhör hotkategori NT – Nära hotad enligt Artdatabanken förteckning över rödlistade arter 2015 (Artdatabanken 2015) och var tidigare klassad som VU – Sårbar. Gulyxne är fridlyst enligt Artskyddsförordningen (SFS 2007:845), enligt paragraf: 4, 5 och 7.

En typisk gulyxnelokal (typvärden) i Forsmarksområdet 2014 kan beskrivas som att blomman står som ensam individ, torvdjupet är cirka 65 centimeter och det finns rikligt med brunmossa. Förekomst av vass är sparsam till måttlig, det finns få eller inga buskar och förnatäckningen (främst vass) är relativt hög (Collinder 2014).



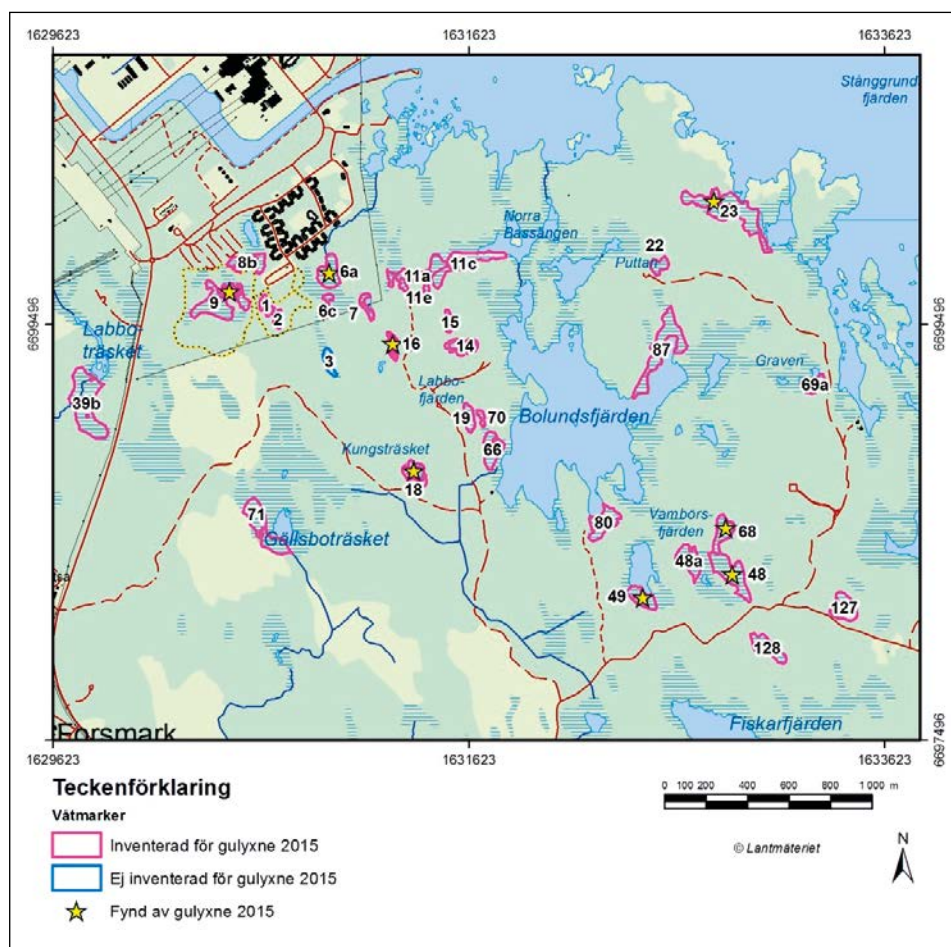
Figur 2-1. Gulyxne, en liten orkidé som trivs i Forsmarks rikkärr.

2.1 Inventeringsområde, våtmark 48

Våtmark 48 ligger i södra delen av SKB:s mark och ligger också utanför det prognosticerade påverkansområdet för grundvattensänkning. Kärret är ett kraftigt kalkpåverkat kär med flera arter typiska för rikkärr och t.o.m. extremrikkärr. Huvuddelen av kärret är kraftigt vassbevuxet. Våtmarken har tidigare inventerats övergripande för ett antal rikkärrsindikatorer (Göthberg och Wahlman 2006).

Våtmark 48 stod år 2015 för 39 % av gulyxnepopulationen i Forsmarksområdet. 2013 hittades 72 gulyxne i våtmarken, 2014 hittades 222 st. och 2015 hittades 334 st. Torvdjupet inom våtmarken varierar mellan 70 och 100 cm (Collinder 2014).

Grundvattenmätning startade under juli 2014 och visar på värden som varierar med 12 cm under juli/ augusti. Under hösten 2014 uppvisades en större variation och vattenståndet varierar med 21 cm, det är generellt högre än under sommaren (data från SKB:s grundvattenmätningar i observationsrör SFM000141).



Figur 2-2. I våtmark nr 48 långt ned till höger i kartan har baslinjeinventeringen skett. Våtmarken hyser en stor andel av gulyxnepopulationen i Forsmarksområdet.

3 Metodik

3.1 Transekter

Fem transekter har lagts ut med markeringspinnar för start och slut av varje transekt samt var 10:e meter (se figurerna 3-1 och 3-4). Varje markeringspinne är färgmarkerad efter åtgärd och inmätt med en GPS med hög noggrannhet (0,5 meter). Se exempel på markeringspinnar i figur 3-2 och 3-3.

Varje transekt är 10 meter bred och består av fyra delar (se figur 3-4); inventeringstramp 2 meter bred (I), extremtramp 2 meter bred (T), referens med ingen påverkan 2 meter bred (R), slåtter med röjning av vedvegetation, och inventeringstramp, (S), 4 meter bred. Huvudorsaken till skillnaden i bredd är att referensremsan inte kunde göras bredare än två meter utan att tillåta att den beträds. När referensen inventeras står inventeraren i intilliggande remsa. Vi bedömde att inventeraren kan upptäcka alla förekomster av rikkärrsväxter upp till en meter in från kanten. Det bedömdes också att kanteffekten vid en slagen yta om endast 2 meters bredd skulle vara negativ för utvärdering av resultatet.

Transekt A (figur 3-1) är 30 meter lång, B är 54 meter, C är 54 meter, D är 54 meter och E är 62 meter.



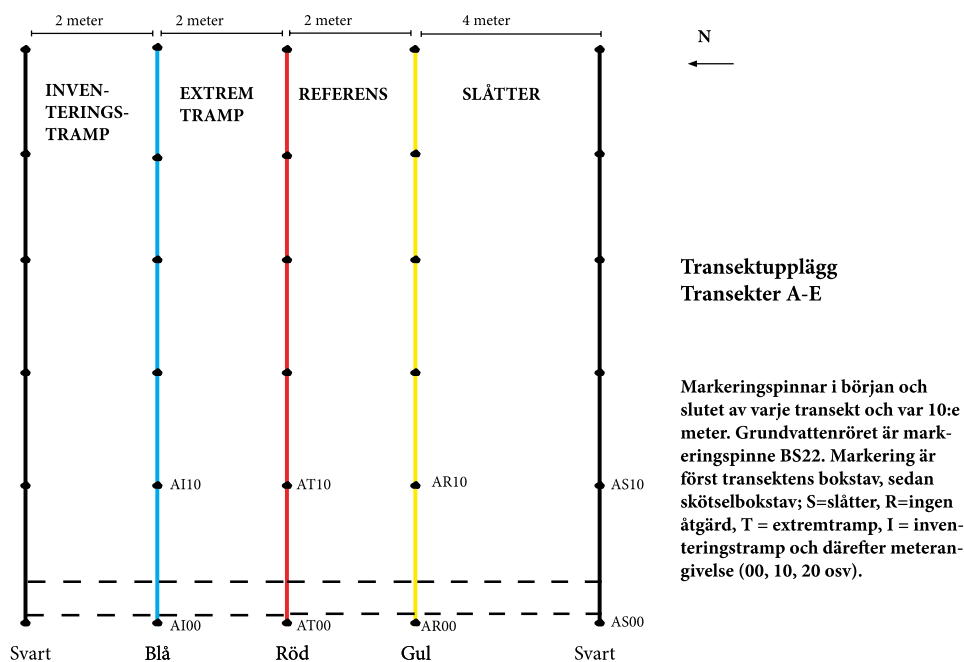
Figur 3-1. Ungefärlig utbredning av transekt A-E.



Figur 3-2. Exempel på markeringspinnar.



Figur 3-3. Exempel på markeringspinne. Märkningen visar att käppen står vid transekt D, vid remsan som slåttas (S) och 12 meter från transektens startpunkt.



Figur 3-4. Transektupplägg. Denna bild visar Transekt A med de beteckningar som angetts på markeringspinnar i våtmarken. Totalt har 5 transekter med dessa fyra skötselregimer inventerats.

3.2 Inventeringsytor

De markerade transekterna har delats in i tvåmeterslängder. Varje inventeringsyta är namngiven efter transekt (A–E), därefter skötseltyp (S, R, T, I) och därefter meterangivelse från B–D transekternas startlinje (se figur 3-5). Således betyder exempelvis CS00 Transekt C, slåtteryta och första två metersrutorna i transekten. Meterangivelsen utgår alltså från samma startlinje för alla transekter, för att fältpersonalen ska se samma meterangivelse på käpparna på båda sidor av remsan hen arbetar i. Figur 3-5 är gjord med hjälp av de inmätta GPS-punkterna. Oregelbundenheter i figuren kan bero på endera dålig precision i GPS-utrustning eller andra fel vid utstakning. Punkter som fick större mätfel koordinattagningen har manuellt justerats i efterhand för att stämma bättre överens med verkligheten. Detta gäller främst A-transekten.

3.3 Inventering av ytor i transekter

Förekomst av gulyxne, andra inventerade arter och skattning av buskskiktets täckning har gjorts i storrutorna som är 2 meter långa (se streckade linjer längst ned i figur 3-4). Bredden på rutorna är 2 meter för alla utom slåtterrutorna som är 4 meter breda. För täckningsskattning av mossa, förna och vass har smårutorna om $0,5 \times 0,5$ m inventerats i var tredje storruta. Ett tomt inventeringsprotokoll visas i figur 3-6.

För varje enskild ruta, 2×2 meter (4×2 meter för slåtter)¹, har följande inventerats:

- samtliga gulyxneförekomster (uppdelat på fertil, dubbel bladrosett, enkel bladrosett) samt avstånd mellan bladrosett och vattenyta,
- rikkärrsarterna kärrspira, slåtterblomma, kärrknipprot, loppstarr och ängsnycklar,
- skattning av täckningsgrad buskskikt (hur mycket av marken i inventeringsrutorna skuggas av busken vid ett tänkt tillstånd av solen i zenit). Skattningen görs i %.²

¹ I 2016 års inventering kommer inventeringsrutorna i slåttertransekten ändras till 2×2 m. Se avsnitt 5.3.

² I 2016 års inventering kommer även antalet buskindivider att räknas. Se avsnitt 5.3.

Metodiken innehåller i sig felkällor. Precisionen på skattningarna är god när en art täcker under 3 %, eller över 97 % av ytan men är sämre när en art täcker runt 50 % av ytan. Skattningsfel kan då vara uppskattningsvis 20–30 %.

Rikkärsarterna har inventerats enligt floraväxterimetoden (Edqvist 2009) där upp till tio förekomster räknas och därefter skattas varje ytterligare 10-tal. Efter tio 10-tal skattas ytterligare 100-tal. Både blommande och icke blommande individer räknas.

Sedan tidigare undersökningar har vi kunnat se mönster som visar att exempelvis hög andel brunmossa (och låg andel vitmossa) och låg andel förna är goda indikatorer på att miljön är lämplig för gulyxne (Collinder 2014). För att följa positiv utveckling som antas komma avseende dessa parametrar har en småyta (0,5 × 0,5 meter) lagts ut i var tredje inventeringsruta och täckningsgrad har skattats för:

- vass,
- förna,
- brunmossa, spjutmossa och vitmossa.

Täckningsgraden har skattats i %. Se ovan under buskskikt.

Figur 3-5. Inventeringsytor.

Inventering av mossor har inventerats i enlighet med undersökningstyp rikkärr (Naturvårdsverket 2013) med en uppdelning där brunmossa indikerar rikkärr, spjutmossa är en medelrikkärrsindikator samt vitmossa en indikator på igenväxning och en torrare del av kärret. Vitmossa är en negativ indikator.

Småytan om 0,5 × 0,5 meter läggs ut i den norra kanten av varje del av transekten och 0,5 meter in från både väster och norr. Undantaget är i referensdelen där rutan läggs ut bara 0,5 meter in från väster då denna transektdel inte får beträdas (figur 3-7). Detta innebär en större risk att täckningsgradsuppskattningen för just referensen påverkas av intilliggande behandling (extremtramp), jämför med täckningsgraderna för övriga behandlingar. Dock bedömde vi denna bias som mindre än biasen om inventeraren hade behövt bedöma täckningsgrader av mossor på avstånd. Anledningen till att referensen placerades bredvid extremtramp och inte inventeringstramp/slätter är att det extra tramp som sker utanför referensremsans kanter inte motsvarar normalt inventeringstramp. Placeringen innebär en ökad risk för att extremtrampseffekten spillar över i referens, men borgar för att trampet i inventeringstrampsytorna faktiskt motsvarar trampet i övriga våtmarker som inventeras i Forsmarksområdet.

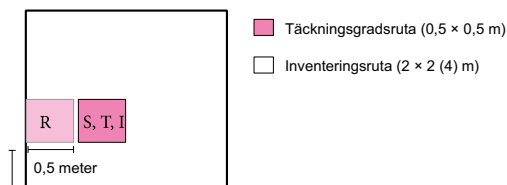
SLÄTTER (S) **TRANSEKT** _____
 (mellan svart och gul markering, svart till höger och från väster till öster)

Datum: _____ 2015 Inventerare: _____

Rutnr består av transektbokstav, skötselangivelse, löpnummer

RUTA	Gulxne (Fertil, bladrossett dubbel, enkel)	Avstånd bladrossett/ vattenyta (cm)	Antal				Täckningsgrad i 0,5 × 0,5 m							
			Kärrknipprot	Kärrspiral	Ångsnycklar	Loppstarr	Slätterblomma	Buskskikt (täckningsgrad)	Vass	Förna	Brunmossor	Spjutmossa	Vitmossa	

Figur 3-6. Inventeringsprotokoll.



Figur 3-7. Småyta för inventering av täckningsgrader. Inventeras i var tredje storruta. För delarna S (slätter), T (extremtramp) och I (Inventeringstramp) läggs rutan 0,5 m från norra och västra kanten medan den i referensdelen (R, ljusare rosa i figuren) placeras längs med den norra kanten.

3.4 Skötselåtgärder

3.4.1 Rövning av vedvegetation och slåtter

Under augusti/september 2015 har Niklas Bengtsson från Lundby Landskapsvård röjt vedvegetation och slåttat med röjsåg i de fyra meter breda transektdelarna (S) i de fem olika transekterna (A–E).

Rövning av vedvegetation har skett med handhållen utrustning (motorsåg) och det borttagna växtmaterialet har flyttats bort från våtmarken.



Figur 3-8. Slåtter med röjsåg.



Figur 3-9. Slåtterskörden bärs bort.

Slåtter har gjorts med röjsåg på en höjd av 15 cm över markytan. Höjden har valts så att eventuella gulyxneplantor inte ska skadas av åtgärden. Det borttagna växtmaterialet har flyttats bort från våtmarken.

Ytan inventeras i början på juli innan slåtter sker vilket innebär att ytan förutom av slåttern också påverkas av den trampning som blir då inventerarna långsamt och metodiskt söker av ytan. Den tid som en inventerare befinner sig i slåttertransekten är ca 10 timmar.

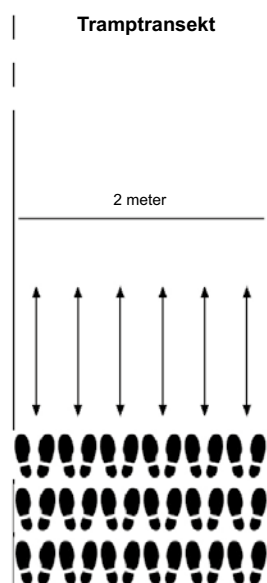
3.4.2 Extremtramp

Under september 2015 har Ekologigruppen trampat extra i de transektdelarna ”extremtramp” (T) genom att systematiskt gå fram och tillbaka 2 gånger över hela ytan. För att täcka de 2 meter breda transekterna har de delats in i sex remsor (figur 3-11). Trampningen har skett med korta, överlappande steg. Ingen hänsyn har tagits till eventuella exemplar av gulyxne. Större buskar har inte trampats ned men trampning har skett intill stammen. Extremtrampning görs i september då gulyxne har öppnat sina frökapslar.

I början av juli inventeras ytan som beskrivs i avsnitt 3.3 och 3.4.3.



Figur 3-10. Utrustning för extremtramp.



Figur 3-11. Upplägg av trampning.

3.4.3 Inventeringstramp

Skötseln i denna yta utgörs endast av att gulyxne inventeras på samma sätt som i slåtterytan. Däremot sker ingen slåtter i denna yta. Då ytan är bara 2 meter bred, istället för 4 meter som slåtterytan, är uppskattas tiden det tar för inventeringen vara ca 5 timmar för en inventerare.

3.4.4 Referensyta

I referensytan görs ingen skötsel eller annan påverkan. Ytan inventeras från angränsande områden utan att inventerarna går i ytan.

4 Resultat

Inventeringsresultatet från baslinjeinventeringen har levererats till SKB som en excelfil och som en shapefil. Mer detaljer kring dataleveransen finns i kapitel 6 Leverans. Observera att studiens syfte är att vara ett underlag för kommande uppföljning av skötsel. De samband och förklaringsvariabler som redovisas nedan är sådana som har kunnat utföras med de data som samlats in.

4.1 Skötselåtgärder

4.1.1 Röjning av vedvegetation och slätter

Röjning av vedvegetation och slätter visar på stora utseendemässiga skillnader gentemot referensytorna, se figur 4-1 för exempel på en röjd och slåttad transekt.

4.1.2 Trampning

Även effekten av extremtramp var tydlig, se exempel i figur 4-2.



Figur 4-1. Resultat av röjning av vedvegetation och slätter. Foto: Ekologigruppen, september 2015.



Figur 4-2. Resultat av extremtramp. Foto: Ekologigruppen, september 2015.

4.2 Gulyxnepopulation

Totalt hittades 334 individer av gulyxne varav 77 fertila, 170 st. med dubbel bladrosett (2 blad) och 87 st. med enkel bladrosett (1 blad). Transekt B, C och E innehåller en stor andel av populationen med en liten andel i transekt D. I transekt A hittades inga gulyxneförekomster. För fördelning mellan transekterna se tabell 4-1.

Tabell 4-1. Fördelning av funna individer av gulyxne i transekterna. I varje transekt finns alla skötseltyper och referens representerade.

Transekt	Gulyxne totalt	Fertila	Vegetativ, två-bladig	Vegetativ, en-bladig
A	0	0	0	0
B	146	42	65	39
C	75	9	36	30
D	12	4	5	3
E	101	22	64	15

4.3 Samband och samvariation med andra variabler

4.3.1 Övergripande resultat

Antalet **gulyxne** visade samband med endast ett fåtal andra variabler, och dessa samband var svaga. Gulyxne var svagt missgynnad av buskskikt och svagt gynnad av förna, vass, slätterblomma och ängsnycklar. Dessa samband kan skönjas i kartorna i figur 4-3 till 4-5 och bekräftades i regressionsanalysen (för ängsnycklar).

Brunmossa har allra starkast **positiva** samband med kärrknipprot, slätterblomma och ängsnycklar. Med kärrknipprot, slätterblomma, ängsnycklar och kärrspira fann vi måttligt starka **negativa** samband med **förna**, och svaga till måttliga negativa samband med **vass**.

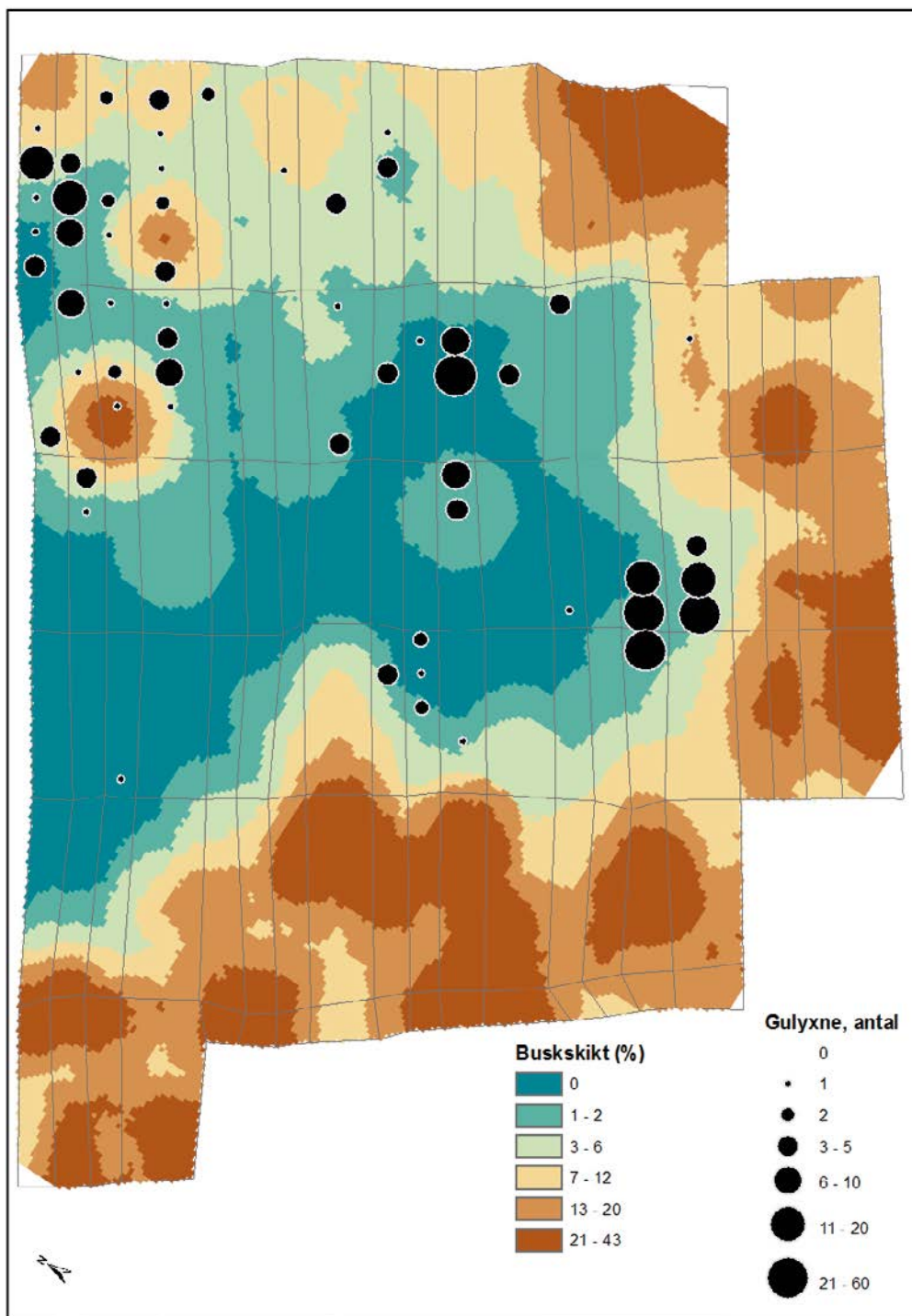
Kärrknipprot, slätterblomma och brunmossa sammanföll som en mycket tydlig grupp, vilket ger ytterligare belägg för deras indikatorvärde för rikkärr. Gruppen förblir relativt starkt sammanhållen om man inkluderar ängsnycklar.

Ett resultat från detta projekt är färdiga GIS-skikt över mätpunkterna (provytorna) och R-skript, som kan användas kommande år för att generera uppdaterade kartor och korrelationstabeller för nya data. GIS-skikten ingår i leverans till SKB, se kapitel 6 Leverans.

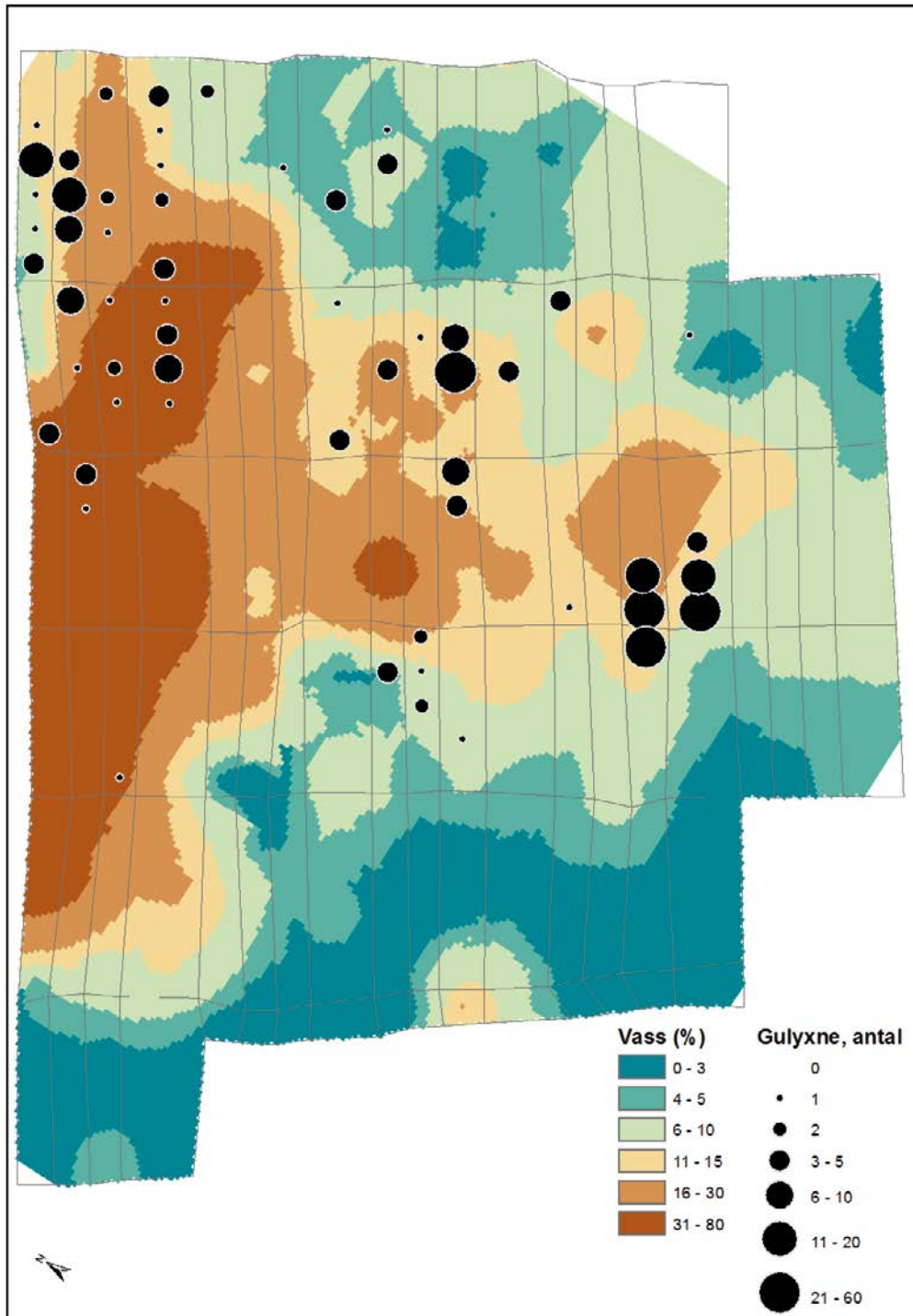
4.3.2 Kartor och interpolation av täckningsgrader

Figureerna 4-3 till 4-10 visar hur abundans och täckningsgrad fördelar sig för de variabler vi observerade i våtmark 48. I kartor och bivariata analyser (av parvisa samband) är observerade täckningsgrader (n=178) för vass, förna, brunmossa, spjutmossa och vitmossa kompletterade med interpolerade uppskattningar för provytor som saknar observationer (n=343; 4 provytor återstår där täckningsgrad inte kunde interpoleras tillförlitligt). Observerade värden representeras av (våra beräknade koordinater för) mittpunkten i varje tvåmetersruta, dvs i hörnet av halvmetersrutorna i vilken täckningsgraderna skattades. Interpolationen uppskattar täckningsgrader mellan dessa mittpunkter genom att i varje 0,5 meters rasterpixel ta hänsyn till högst sex närliggande observationer inom högst 6,5 meter. Dessa parametervärden antar att täckningsgraderna generellt varierar på kort skala. Resultatet av interpolationen blir ett antal heltäckande raster som tydlig visar var gradienterna i våtmark 48 går. För analysen användes de interpolerade värdena i tvåmetersrutornas mittpunkt. Vi använde interpolationsmetoden ”kriging” i ArcGIS 10.1, med exponentiellt semivariogram.

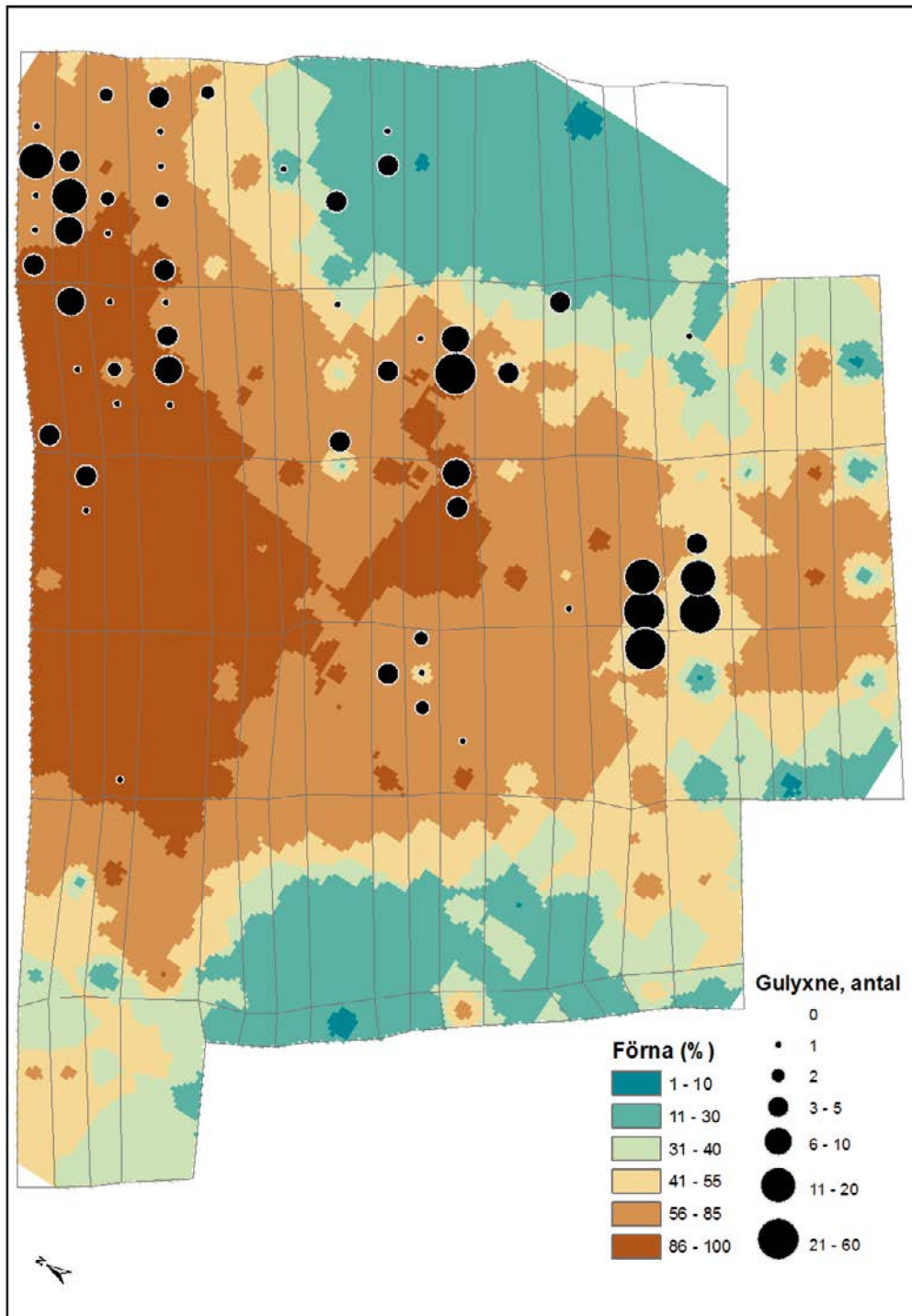
Krigingmodellen analyserar täckningsgradsvariansen mellan smårutorna och modellens variansuppskattning skulle kunna användas för att bedöma tillförlitligheten hos täckningsgradsskattningarna. Oavsett utfallet av en sådan bedömning vill vi betona att detaljnivån för täckningsgradsskattningarna inte är vald för att kunna prediktera utbredningen av orkidéerna, vilket hade krävt att åtminstone moss-täckning (som kan variera starkt på, en meters skala) mättes i varje provyta och helst ännu närmre varje gulyxneförekomst. Att skatta täckningsgraderna var sjätte meter bedömdes vara den högsta detaljnivån givet baslinjeinventeringens budgetamar, och samtidigt den lägsta acceptabla detaljnivån för att kunna utvärdera skötsel effekterna på mosstäckning mm. (n≈45 mätningar per behandling, uppdelade på fem transekter). Analyserna med täckningsgrader i denna rapport kan ses som ett tillägg till själva inventeringsarbetet. De visar hur täckningsgraderna kan analyseras statistiskt med metoder som kan användas i den uppföljande analysen, eventuell i modifierade versioner.



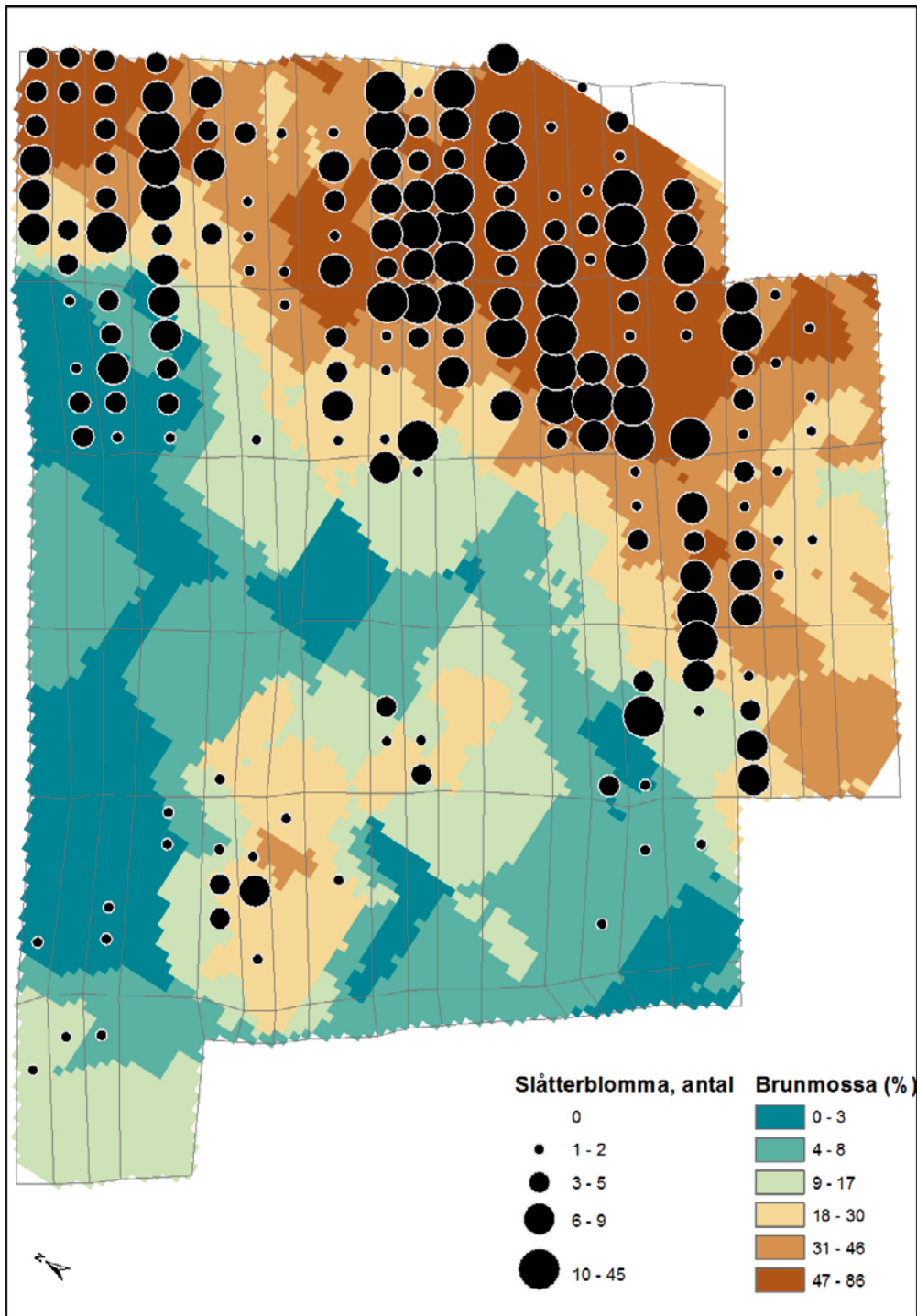
Figur 4-3. Abundans av gulyxne i förhållande till täckningsgrad av buskskikt.



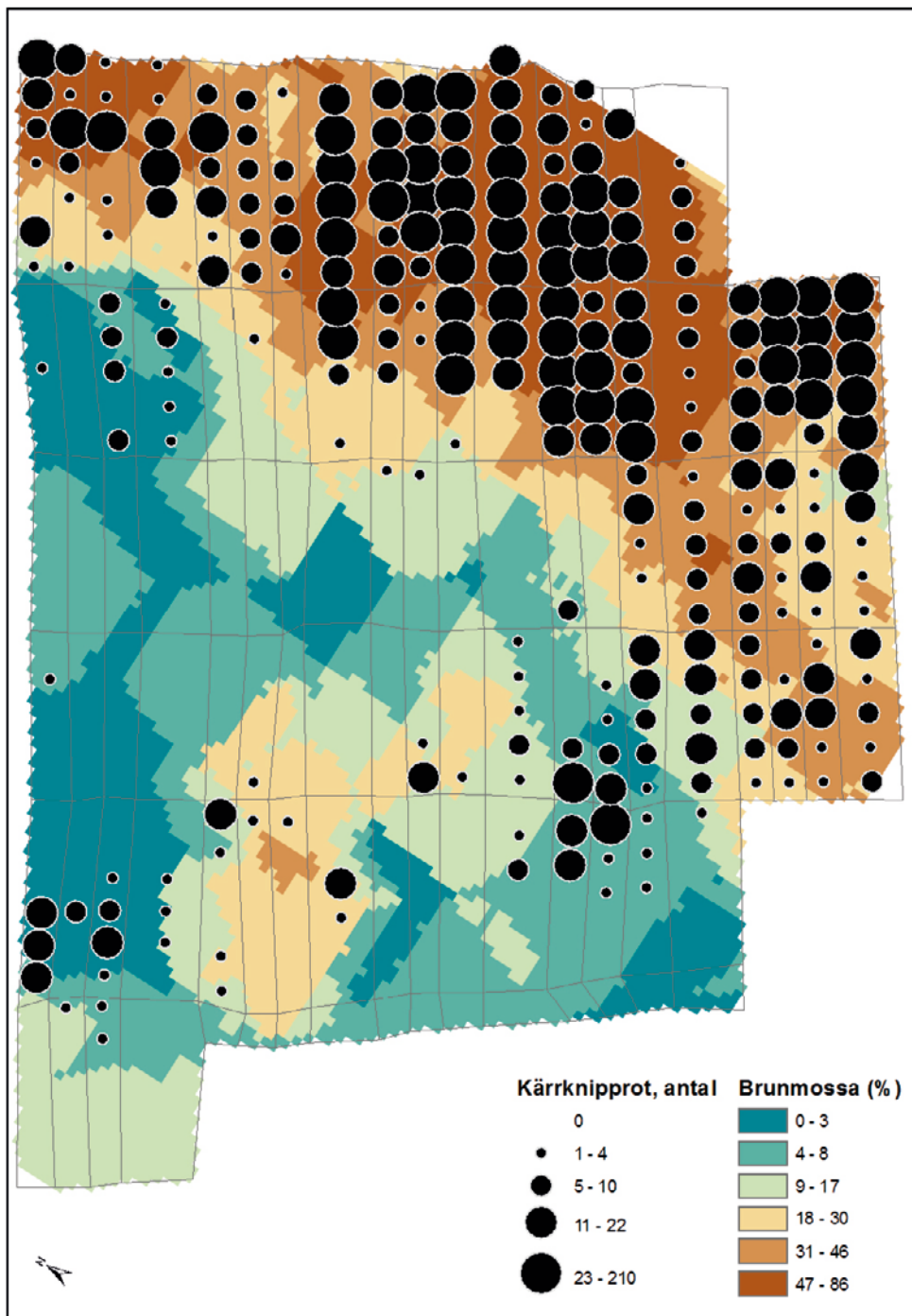
Figur 4-4. Abundans av gulyxne i förhållande till täckningsgrad av vass.



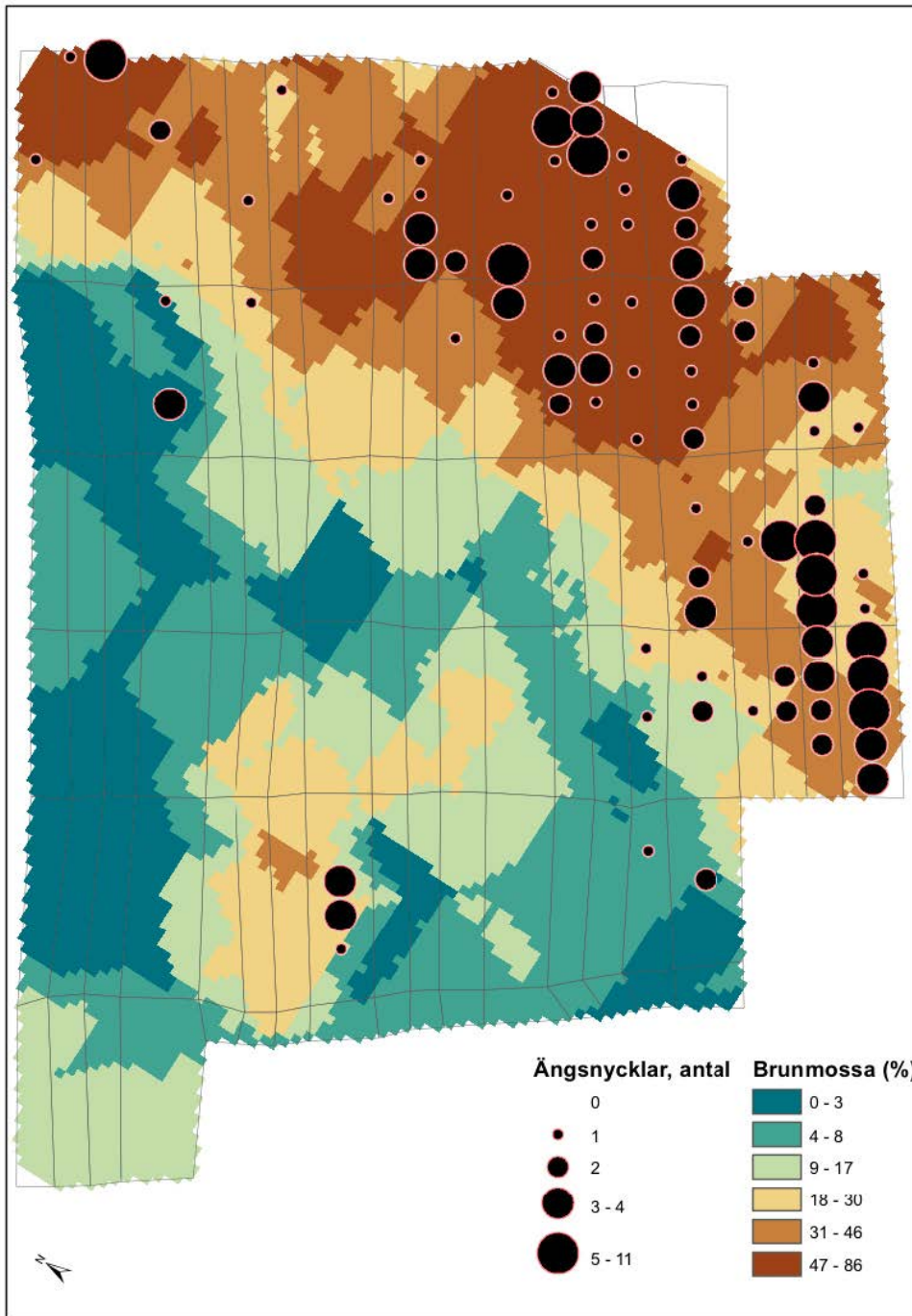
Figur 4-5. Abundans av gulyxne i förhållande till täckningsgrad av föna.



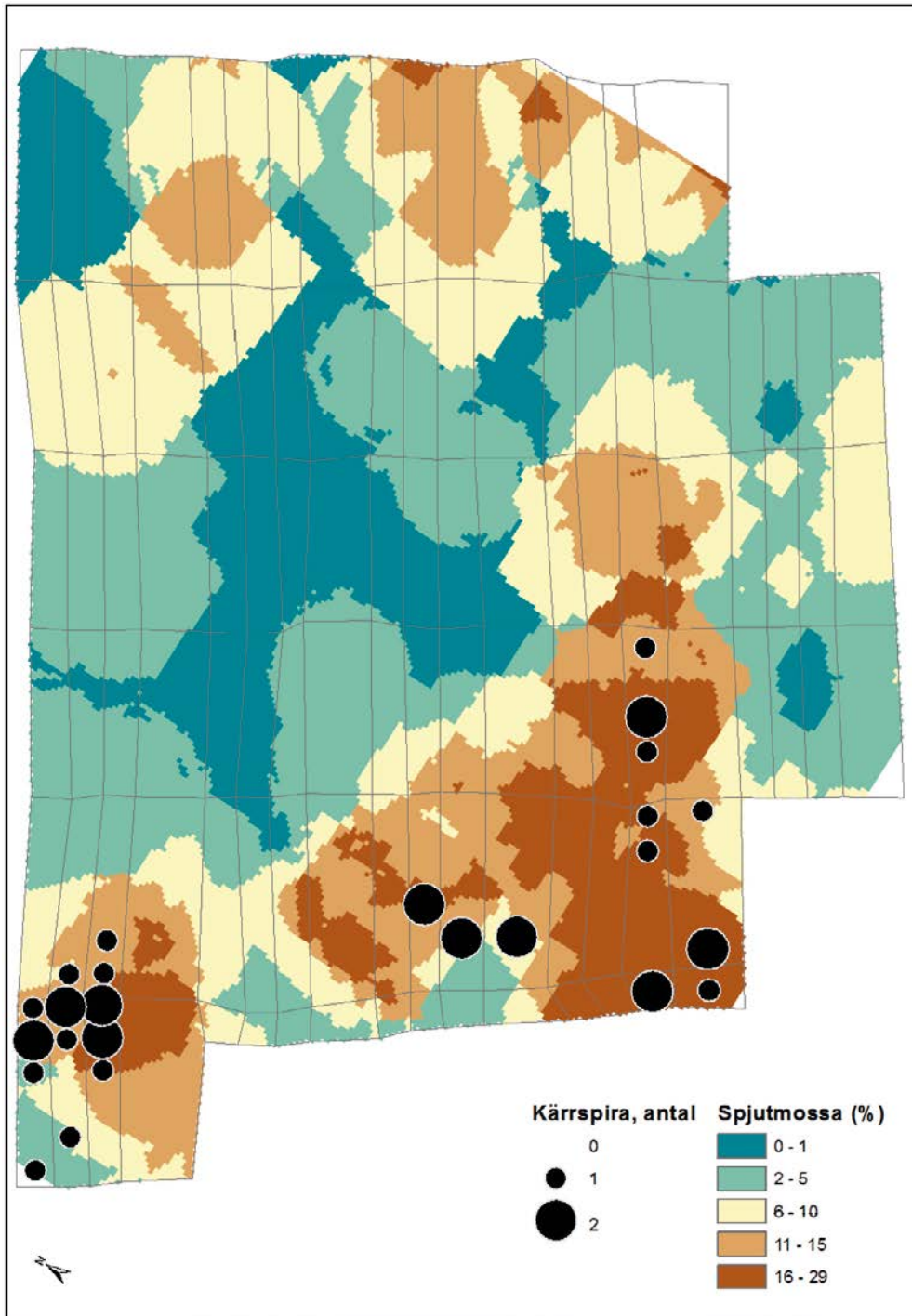
Figur 4-6. Abundans av slätterblomma i förhållande till täckningsgrad av brunmossa.



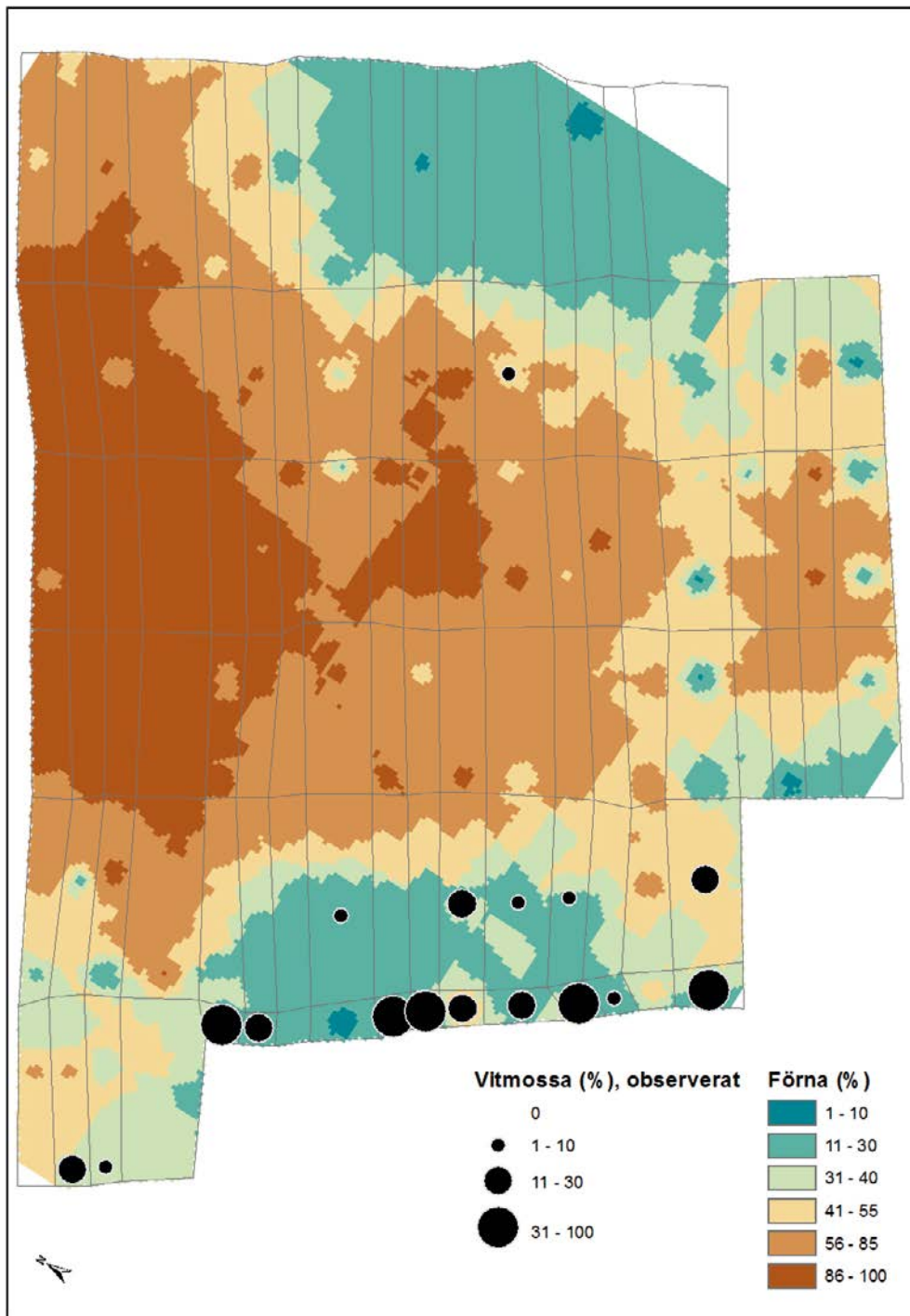
Figur 4-7. Abundans av kärrknippot i förhållande till täckningsgrad av brunmossa.



Figur 4-8. Abundans av ängsnycklar i förhållande till täckningsgrad av brunmossa.



Figur 4-9. Abundans av kärrespira i förhållande till täckningsgrad av spjutmossa.



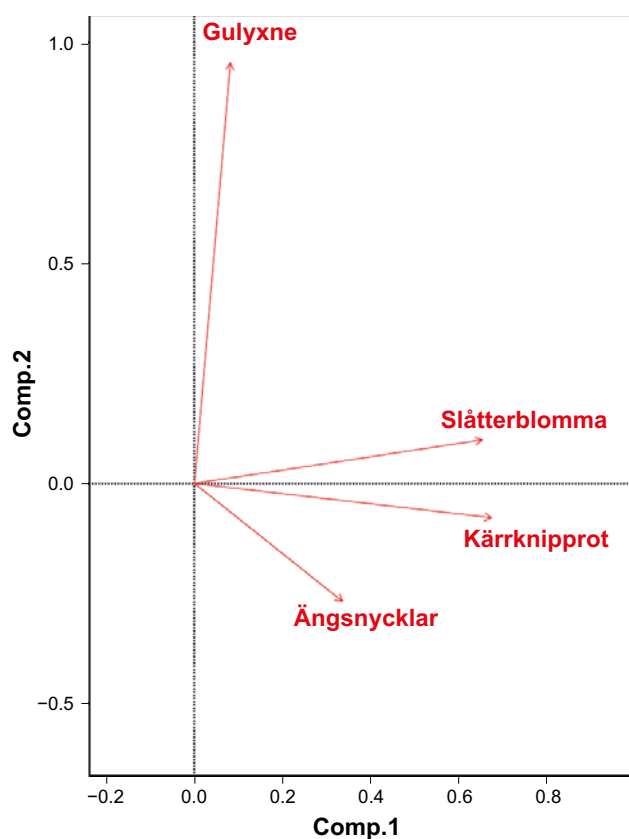
Figur 4-10. Abundans av vitmossa i förhållande till täckningsgrad av föna.

4.4 Statistisk analys

4.4.1 Samvariation mellan rikkärrsväxter

Denna analys visar på att rikkärrsmiljöer är komplexa miljöer med många miljöbetingelser till vilka olika arter är knutna. De arter som analyseras i detta avsnitt är typiska rikkärrsväxter och representerar arter som normalt finns i rikkärrsekosystemen. Genom att också inkludera dessa växter i uppföljningen av skötsel effekter får undersökningarna en bredare bas för skötselns betydelse för rikkärr.

Sambandet mellan de vanligast förekommande rikkärrsväxterna gulyxne, kärrknipprot, slätterblomma och ängsnycklar blir ännu tydligare i principalkomponentanalysen (PCA; gjord med baspaketet ”stats” i R) i figur 4-11 och tabell 4-2. Vår PCA sammanfattar den totala variationen i de fyra växternas abundans i två nya dimensioner (principalkomponenter), som vardera sätts samman för att sammanfatta och förenkla en mer komplex variation. På så sätt fångas 38 % av den totala variansen av komponent 1, som sammanfattar sambandet mellan främst kärrknipprot och slätterblomma och i viss grad ängsnycklar, men helt ignorerar gulyxne. Ytterligare 25 % av variansen förklaras av komponent 2, som nästan enbart mäter antalet gulyxne och helt ignorerar slätterblomma och kärrknipprot (figur 4-11 och tabell 4-2). Med andra ord: om man ska beskriva de fyra rikkärrsväxternas abundans så enkelt som möjligt (endimensionellt), så bör man titta enbart på slätterblomma och kärrknipprot och helt bortse från gulyxneantalet (vars utbredning detta går på tvären med slätterblomma och kärrknipprot). Utökar man beskrivningen med en andra dimension är det effektivast att helt enkelt peka ut platserna med gulyxnefynd. Det går alltså inte att leta efter gulyxne med utgångspunkt från var slätterblomma, kärrknipprot och viss mån ängsnycklar växer.



Figur 4-11. En biplot av de två principalkomponenterna.

Tabell 4-2. Rikkärrsarternas koefficienter till de två principalkomponenterna

	Komp.1	Komp.2
Gulyxne		0.96
Kärrknipprot	0.67	
Slätterblomma	0.65	
Ängsnycklar	0.34	-0.27
Standardavvikelse	1.24	1.00
Variansandel	0.38	0.25
Summa varians	0.38	0.63

4.4.2 Regression – Metod

Resultaten från vår multipla icke-linjära regression visas i tabell 4-3.

Regressionen prövar om gulyxneobservationerna kan förklaras bättre än i de parvisa testerna ovan, genom att beakta flera faktorer samtidigt. Vi använde en regressionsmodell av typen ”zero-inflated poisson” (ZIP). Detta är en generaliserad linjär modell (GLM) som har utvecklats för att hantera responsvariabler med hög andel icke-förekomster (89 % av provytorna saknade gulyxne). Modellen beskrivs utförligt i Zuur et al. (2009). För beräkningarna användes programvaran R för Windows och version 1.4.9 av paketet pscl, som implementerar ZIP-modellen (Jackman 2015). Modellen använder Maximum Likelihood-estimatorer för regressionskoefficienterna. För val av regressionsmodell använde vi Akaiikes informationskriterium (AIC) och Likelihood ratio-test (LR-test).

ZIP-modellen består av två delmodeller som används separat på två delgrupper av provytorna. För det första, en avsaknadsmodell som används på flertalet provytor där gulyxne saknas. Dessa observationer kallas ”falska nollor” eftersom avsaknaden av gulyxne antas bero på andra faktorer än de som styr abundans. Det handlar främst sådana faktorer som vi inte känner till och inte har data på, såsom att förutsättningar för gulyxne kanske finns men att bladen inte hade blivit synliga vid tidpunkten för vår inventering. Avsaknadsmodellen kan också ta in förklaringsvariabler som vi har mätt i fält. Exempelvis ger principalkomponentanalysen ovan anledning att testa om kärrknipprot och slätterblomma skulle kunna förklara **avsaknad** av gulyxne i andra provytor än där exempelvis spjutmossa kunna tänkas korrelera negativt med **antalet** gulyxne. I vår analys föll buskskikt ut som den tydligaste förklaringsvariabeln för falska nollor (mer om detta resultat nedan).

Den andra delmodellen är en abundansmodell som svarar på frågan ”varför detta antal gulyxne” i resten av provytorna (dvs de som inte har falska nollor). Den tillämpas på provytor med gulyxne samt med ”äkta nollor”, dvs icke-förekomster som kan förklaras av en brist på de faktorer som också förklarar antal gulyxne.

För abundansmodellen anger kolumnen ”Bidrag” i tabell 4-3 hur mycket en enhets ökning i förklaringsvariabeln förutses öka antalet gulyxne (givet att övriga variabler är konstanta). Koefficientens och därmed bidragets exakta värde ska tas med en nypa salt, särskilt för förklaringsvariabler med få förekomster, eftersom bidraget blir mycket känsligt mot exempelvis exakt hur många kärrspiror man räknade i de få förekomsterna (och ännu färre sammanträffanden med gulyxne). För avsaknadsmodellen anger ”Bidrag” hur mycket sannolikheten ökar att provytan ska vara en falsk nolla, och därmed inte kunna ha gulyxne som förklaras av abundansmodellens faktorer.

4.4.3 Regression – Resultat

Resultaten från abundansmodellen indikerar att det i särklass starkaste bidraget (226 %) på gulyxne-abundans ges av antalet ängsnycklar. Det relativt höga standardfelet på 0.192 för ängsnycklarnas regressionskoefficient anger dock ett stort brus i denna effekt. Detta härrör förmodligen från att effekten av ängsnycklar är extremt stark på ett fåtal höga gulyxneantal (främst provytor BS22, BS24, BR20, CR38 och EI48); men att effekten uteblir för flertalet andra gulyxneförekomster (se kartan med gulyxne–buskskikt i figur 4-3 och kartan med ängsnycklar–brunmossa i figur 4-8).

Kärrknipprot och ängsnycklar var associerade till gulyxne medan slätterblomma och spjutmossa hade signifikant negativ effekt på förekomsten av gulyxne. Resultatet av abundansmodellen kan sammanfattas som att när det finns gulyxne finns det också kärrknipprot och ängsnycklar. Gulyxne växer inte gärna tillsammans med slätterblomma (där det finns mycket slätterblomma finns det färre gulyxne). Gulyxne är också ovanligare där det finns spjutmossa.

Resultaten från avsaknadmodellen visar att en enprocentig minskning av busktäckning minskar oddskvoten för en falsk nolla med 17 %, och detta är signifikant med 2,2 %. En högre busktäckning innebär alltså en högre risk att gulyxne saknas och att faktorer i abundansmodellen inte är ”verkningsfulla”. Observationer i fält tyder också på att gulyxne ofta finns där det finns låg täckningsgrad av buskar men inte där täckningsgraden är hög. Ett exempel är transekt A. Denna transekt är mer igenvuxen än de övriga och här finns ingen gulyxne alls. Detta indikerar att röjningen av vedvegetation på sikt kan skapa gynnsammare förhållanden för gulyxne.

Tabell 4-3. Regressionsmodell (zero-inflated) för enbart observerade data. Bidraget har räknats ut som $e^{(\text{koefficient})} \cdot 100 - 100$. Abundansmodellen använder en logaritmisk länkfunktion och antar att det verkliga antalet gulyxne är poissonfördelat. Avsaknadsmodellen använder en logistisk länkfunktion och antar en binomialfördelad oddskvot (oddkvoten är sannolikheten för en ”falsk nolla”, dividerat med sannolikheten för ”inte falsk nolla”). Signifikansnivåer för p-värden under 0.01 (*), 0.05 (**), 0.01 (*) och 0.1 (.).**

Förklaringsvariabel	Koeff.	Bidrag	St.fel	p-värde
Abundansmodell				
Konstant	1.209	235	0.314	0.000 ***
Kärrknipprot	0.081	8	0.009	0.000 ***
Ängsnycklar	1.181	226	0.192	0.000 ***
Slätterblomma	-0.054	-5	0.027	0.046 *
Vass	0.016	2	0.009	0.058 .
Brunmossa	-0.013	-1	0.005	0.019 *
Spjutmossa	-0.065	-6	0.018	0.000 ***
Avsaknadsmodell				
Konstant	1.347	285	0.281	0.000 ***
Buskskikt	0.159	17	0.069	0.022 *

5 Uppföljning

Den förväntade effekten av såväl slätter, vedröjning som tramp är en ökning av antalet gulyxne-individer i det påverkade området. Första året efter skötsel kan därför en ökning av små enbladiga individ öka. Efter två år är plantorna större och lättare att upptäcka. De har då två blad. Det tredje året utvecklar också plantan två blad men denna gång lite större. Först det fjärde året blommar plantan (Andersen et al. 2015).

5.1 Uppföljning inventering

Basinventeringen kommer att följas av årliga inventeringar för att följa upp hur effekten av slätter, röjning av vedartad vegetation samt tramp påverkar förekomsten av gulyxne. Beträffande tramp som skötselmetod är det två typer av tramp som undersöks. Dels det tramp som görs då inventering av gulyxne görs dels det vi kallar extremtramp som görs i september då inventerare dels kan sprida frön samtidigt som en ”markberedning” sker. Båda dessa skötselmetoder kan jämföras med referensytor där inget tramp sker. Inventeringarna bör utföras på samma sätt som basinventeringen, dvs samla in data om gulyxneförekomst samt ett antal kringparametrar; förekomst av ett antal vanligare rikkärrsväxter, täckningsgrad av buskskikt, täckningsgrad för brunmossor, spjutmossa, vitmossa, förna och vass. Gulyxne inventeras under mitten av juni till mitten av juli.

Uppföljningen ska pågå till skötleffekterna kan utvärderas och därför kan vi inte i dagsläget säga hur lång tid denna kommer att behöva pågå.

5.2 Uppföljning skötselåtgärder

Slätter med röjsåg samt tramp bör utföras årligen. Särskild röjning av vedvegetation kommer inte att vara nödvändig om slätter kommer utföras årligen.

5.3 Uppföljning statistiska analyser

5.3.1 Förslag på uppföljning och fortsatt analys

En viktig begränsning för analyserna ovan är att de inte kontrollerar för rumslig autokorrelation, dvs att observationer av t.ex. antalet gulyxne tenderar att finnas nära andra gulyxne. I vårt studieområde beror denna autokorrelation hos gulyxne troligen till stor del på spridning. Uppgifter för att göra detta finns i det insamlade underlagsmaterialet. Vi föreslår att vidare analyser hanterar sådan autokorrelation inom en våtmark. Detta är särskilt viktigt i uppföljningen av våtmark 48 eftersom skötselmetoden tramp syftar till att öka närspridningen, särskilt längs den egna behandlingsremsan. Det innebär bl.a. att man tittar på vilken betydelse spridning från befintliga bestånd har.

Ett annat förslag till vidare analyser är att testa om täckningsgraderna har tröskelnivåer och interaktionseffekter. I kartan i figur 4-3 tycks exempelvis gulyxne förekomma vid en måttlig täckning av buskskikt, vilket antyder att såväl undre som övre tröskeffekter kan finnas. Det vore intressant att söka efter tröskeffekter även för vass och förna. Kunskap om sådana tröskelvärden kan guida skötselåtgärder, t ex genom att ange nedre gränser av vass- eller busktäckning under vilka slätter och röjning inte förväntas påverka gulyxne. På grund av tidsbrist har vi inte hunnit ställa upp och testa hypoteser om (samverkande) interaktionseffekter, men detta kan göras med multipel regression. De mest självklara interaktionseffekterna att studera är de mellan en behandling och något ytterligare. T.ex. kan man testa om effekten av slätter är större ju högre (den initiala) täckningen är av vass, eller av förna, eller av buskskikt.

Genom att tillämpa en regressionsmodell på alla gulyxnefynd i Forsmark skulle man kunna öka möjligheten att finna generella effekter på gulyxneabundans av förklaringsvariablerna, vilka ju även har uppmätts i den årliga inventeringen. Exemplet med den extremt starka effekten av ängnycklar

visar att man bör vara extra försiktig med att dra generella slutsatser utifrån endast en våtmark, eftersom isoleringen av en rad additiva effekter ofta ger signifikanta effekter (låga p-värden) trots få sammanfallande förekomster (av gulyxne och ängsnycklar i det här fallet).

För vidare analys vore det även värdefullt att i halvmetersrutorna inkludera en uppskattning av t ex markfuktighet eller vattendjup.

I 2015 års basinventering är slåtterytorna 4×2 meter medan referensytorna är 2×2 meter. I de fortsatta analyserna bör hänsyn tas till detta. 2106 kommer slåtterytan att delas upp så att en remsa om 2 meters bredd delas in i inventeringsytorna så att ytorna även i slåtterytorna blir 2×2 meter. Dessa behandlas statistiskt med det övriga materialet. De ytor som skall inventeras kommer att läggas mitt i skötselområdet för slåtter så att kanteffekter undviks. Gulyxne på resterande yta (1 meters bredd på ömse sidor om inventeringsytorna) kommer att inventeras avseende gulyxne för att jämförelser skall kunna göras av det totala beståndet av gulyxne i slåtterytorna.

I 2016 års inventering kommer även antalet busk-/trädindivider som växer i ytan att räknas. Det ger ett mått på om det är pågående etablering av nya buskar. Som individer skall även skott som kan vara klonala räknas om de växer upp från markyta (till skillnad från stubbskott).

5.3.2 Analyismetoder för att testa effekter av skötsel

Skötselns effekter kan förhoppningsvis isoleras från andra faktorer, och dels testa för interaktionseffekter. En interaktionseffekt är exempelvis att utfallet av röjning beror på provytans busktäckning innan röjning. Utsikterna att finna verkliga skötleffekter är alltså större om man i analyserna tar hänsyn till de övriga variabler som mäts.

Hantering av rumslig autokorrelation och interaktionseffekter är två förenliga sätt att i t.ex. regressionsmodeller ta hänsyn till att transekterna har olika förutsättningar för gulyxne. Vi rekommenderar att man i första hand använder hierarkiska modeller; även kallade *nested* eller *multilevel models*.

6 Dataleverans

Förutom denna rapport leverans grunddata i ett Excel-dokument (Bilaga1 _inventeringsmaterial_slutversion.xls) samt i en shapefil (Bilaga_2_vatmark_48_2015). Den senare har formatet ArcGIS 10.1, RT90 med attributtabell. Metadata presenteras nedan.

GIS-metadata

Provytorna representeras av ett punktskikt, där varje punkts koordinater representerar provytans mittpunkt. Dessa punkter har använts för att framställa kartorna i denna rapport. Skiktet levereras i en geodatabas, eftersom shapefiler med numeriska attribut ej kan innehålla saknade täckningsgrader, som i geodatabasen representeras av ”Null”. Tabellen nedan visar vilka attribut som levereras:

datapunkter_Ruta	Rutnummer
txt_behandl	Transekttyp, skötseltyp
txt_gy_fert	Antal gulyxne fertil
txt_gy_2b	Antal gulyxne bladpar
txt_gy_1b	Antal gulyxne enkelblad
txt_brv_cm	Avstånd bladrosett/vattenyta(cm)
txt_kakr	Antal kärknippot
txt_lost	Antal loppstarr
txt_annl	Antal ängsnycklar
txt_kasp	Antal kärrspira
txt_slbl	Antal slätterblomma
txt_bsk	Buskskikt, täckningsgrad (%)
txt_vass	Vass, täckningsgrad 0,5×0,5
txt_forn	Förna, täckningsgrad 0,5×0,5
txt_brms	Brunmossor, täckningsgrad 0,5×0,5
txt_spjms	Spjutmossa, täckningsgrad 0,5×0,5
txt_vims	Vitmossa, täckningsgrad 0,5×0,5
txt_ovrigt	Övrigt, kommentar
txt_gy_tot	Antal gulyxne, totalt
brms_ki	Brunmossor, interpolerad täckningsgrad
spjms_ki	Spjutmossa, interpolerad täckningsgrad
vims_ki	Vitmossa, interpolerad täckningsgrad
forn_ki	Förna, interpolerad täckningsgrad
vass_ki	Vass, interpolerad täckningsgrad

Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på www.skb.se/publikationer. Referenser till SKB:s opublicerade dokument finns samlade i slutet av referenslistan. Opublicerade dokument lämnas ut vid förfrågan till 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. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Artdatabanken, 2015. Rödlistade arter i Sverige 2015. Uppsala: Artdatabanken SLU. Tillgänglig: <http://www.arterdatabanken.se/media/2013/hela-boken.pdf>

Collinder P, 2014. Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2013. SKB P-14-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Edqvist M, 2009.Handledning för floraväkteriverksamheten. Version 1 2009-04-16. Svenska botaniska föreningen.

Göthberg A, Wahlman H, 2006. Forsmark site investigation. Inventory of vascular plants and classification of calcareous wetlands in the Forsmark area. SKB P-06-115, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Jackman S, 2015. Package 'pscl'. Tillgänglig: <https://cran.r-project.org/web/packages/pscl/pscl.pdf>

Naturvårdsverket, 2013. Undersökningstyp rikkärr. version 1.3. Stockholm: Naturvårdsverket.

Zuur A F, Ieno E N, Walker N J, Saveliev A A, Smith G M, 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York: Springer.

Opublicerade dokument

Mannheimer Swartling, 2011. Ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen. SKBdoc 1270756 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB har som uppdrag att ta hand om och slutförvara radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken på ett säkert sätt.

skb.se