

Rapport

R-22-01

September 2022



Populationsutveckling för gulyxne i Forsmark 2012–2021

Sammanställning och utvärdering av SKB:s
inventeringar av gulyxne och skötselåtgärder
i Forsmarksområdet

Philip Jacobson

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 1402-3091

SKB R-22-01

ID 1973284

September 2022

Populationsutveckling för gulyxne i Forsmark 2012–2021

Sammanställning och utvärdering av SKB:s inventeringar av gulyxne och skötselåtgärder i Forsmarksområdet

Philip Jacobson

Svensk Kärnbränslehantering AB

Denna rapport är publicerad på www.skb.se

© 2022 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

I denna rapport har resultaten från de årliga inventeringarna av orkidén gulyxne, *Liparis loeselii*, i Forsmarksområdet sammanställts med syftet att kartlägga hur dess populationsstorlek, livsstadie-sammansättning och utbredning i Forsmark varierat i både tid och rum under åren 2012–2021. I rapporten har även flertalet analyser utförts med syftet att kartlägga eventuella samband mellan gulyxnepopulationens storlek och olika miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark. Dessutom har artens habitatpreferenser i Forsmark beskrivits och dess förmåga att återhämta sig från naturliga störningar har undersökts. Vidare har resultaten från det skötsel försök som SKB utfört med syfte att undersöka huruvida olika typer av skötselåtgärder gynnar gulyxne sammanställts och analyserats. Gulyxnepopulationen visar på en stor mellanårsvariation med avseende på dess populationsstorlek, men en låg mellanårsvariation med avseende på dess rumsliga utbredning i området. Gulyxne företrar att växa på platser inom våtmarker karakteriserade av låg täckningsgrad av vass och buskage vid ett avståndintervall till grundvattennivåytan mellan 6 och 8,5 cm under juli månad, men förekommer på platser där avståndet varierar mellan 0 och 23,5 cm.

Resultaten från SKB:s skötsel försök som pågått sedan 2015 visar att gulyxne gynnas av skötselåtgärden slåtter, en skötselåtgärd där vass, buskar och annan vegetation kapas 15 cm från markytan och tas bort. På en regional skala visar gulyxnetätheterna i Forsmark ett positivt samband med den potentiella evapotranspirationen (PET, mm), ett mått på hur mycket vatten som avdunstar från marken och via växter, under juni månad samma år. Inom vissa våtmarker, men inte i alla, ses ett negativt samband med ökade grund- och ytvattennivåer vilket indikerar att gulyxnetätheterna ökar året efter ett torrt år. Dessa resultat, tillsammans med en korrelationsanalys som visar att vissa våtmarker tidsmässigt samvarierar i hög grad med avseende på antalet gulyxnefynd, medan andra visar på en låg grad av samvariation, tyder på att både regionala och lokala meteo-hydrologiska miljövariabler påverkar mellanårsvariationen av gulyxnetätheter i Forsmark. Baserat på de anpassade modellerna med hög förklaringsgrad av mellanårsvariationen för gulyxne predikteras gulyxnetätheterna i Forsmark 2022 att ligga nära antalet fynd som gjordes 2018.

Abstract

In this report the results from the annual monitoring of the fen orchid, *Liparis loeselii*, in Forsmark have been compiled with the aim to assess how the population size, life stage composition and distribution of the fen orchid population in Forsmark naturally vary both in time and space during 2012–2021. In addition, several analyses have been performed to assess if variation of the fen orchid population size in Forsmark is explained by various environmental variables linked to the hydrology in Forsmark. In addition, the species' habitat preferences in Forsmark have been described, its ability to recover from natural disturbances has been investigated and results from a large-scale field experiment carried out by SKB with the aim of investigating if different types of management measures benefit fen orchid or not have been compiled. The fen orchid population show a large annual variation with respect to its population size but a low annual variation with respect to its spatial distribution in the Forsmark area. In general, fen orchid in Forsmark prefers to grow in places with a low coverage of reed and shrubs and benefits from different types of management actions where reed and shrub vegetation are removed (such as haymaking). On a regional scale, the number of fen orchid individuals show a positive relationship with the annual potential evapotranspiration (PET) in June. In some wetlands, but not in all, the number of fen orchid individuals show a negative relationship with increased ground water- and surface water levels, indicating that the number of fen orchid individuals increase the year after a dry year and decrease the year after a wet year. These results, together with the correlation analysis that shows that some wetlands temporally co-vary to a high degree while others show a low degree of temporal co-variation, indicate that both regional and local environmental variables linked to the hydrological conditions in Forsmark together affect the between year variation in abundance of the fen orchid in Forsmark. Based on these findings the amount of fen orchid that will be found in 2022 in Forsmark is predicted to be close to the number of individuals found in 2018.

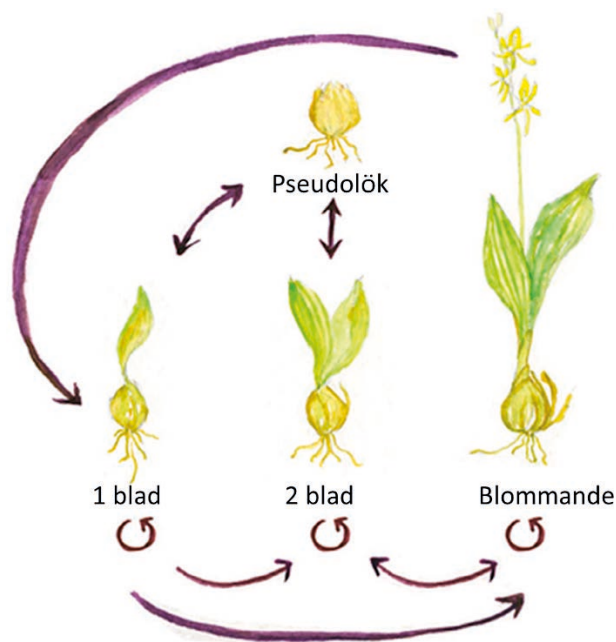
Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Forsmarksområdet	8
1.1.1	Yttäckande inventeringar av gulyxne i Forsmark	8
1.1.2	Översvämningar, skötselexperiment, slätter och infiltrationsmöjligheter	8
1.2	Syften och frågeställningar	10
2	Material och metoder	11
2.1	Gulyxneinventeringen i Forsmark	11
2.2	Skötsel försöket i våtmark 48	11
2.3	Data	13
2.3.1	Årliga gulyxneinventering	13
2.3.2	Skötsel försöket i våtmark 48	13
2.3.3	Miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark	13
2.4	Analysmetodik	16
3	Resultat	17
3.1	Rumslig utbredning av gulyxne över tid i Forsmarksområdet	22
3.2	Våtmarksspecifik utveckling av gulyxne över tid	23
3.3	Omvärldsparemetrar vid gulyxnefynd	24
3.3.1	Våtmarkernas höjd över havet	24
3.3.2	Avstånd mellan gulyxneindivider och grundvattenytan	25
3.3.3	Övriga omvärldsparemetrar som registrerats vid gulyxnefynd	27
3.4	Fallstudier	29
3.4.1	Översvämmade våtmarker	29
3.4.2	Skötselåtgärder i våtmarker	31
3.5	Miljövariabler som bidrar till att förklara mellanårsvariation i individtätheter av gulyxne i Forsmark	33
4	Diskussion	41
	Referenser	45
Bilaga 1	Miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark och dess samband med gulyxne	47
Bilaga 2	Grundvattennivådata	61

1 Introduktion

Gulyxne, *Liparis loeselii*, är en sällsynt orkidé som är fridlyst enligt artskyddsförordningen (2007:845) 7 § och dess bevarandestatus är klassad som sårbar (VU) enligt den svenska rödlistan (Artdatabanken 2020). Givet artens starka juridiska skydd samt dess bevarandestatus får inte exemplar av arten förstöras, skadas eller på något annat sätt påverkas negativt såvida inte en artskyddsdispens har erhållits. Arten finns i Nordamerika samt i olika delar av norra Europa. I Sverige förekommer arten främst i anslutning till och i kustnära och kalkrika våtmarker såsom rikkärr och extremrikkärr (Sundberg 2020). I Norduppland förekommer gulyxne i relativt höga tätheter sett ur ett nationellt perspektiv och inom Forsmarksområdet, beläget vid kusten i Norduppland där SKB planerar uppförandet av Kärnbränsleförvaret för långlivat kärnbränsleavfall, finns flertalet lokaler som frekvent hyser gulyxne (Jonsell och Jonsell 1995, Sundberg 2020, Holmgren et al. 2021).

Gulyxne är en relativt liten orkidé som sällan blir högre än 20 cm. Den kan föröka sig både via fröspridning och rotutskott. Gulyxneindivider kan påträffas i olika livsstadier då de antingen kan vara vilande i marken, då som en pseudolök, eller uppträda som enbladiga, tvåbladiga alternativt blommande individer ovan mark (figur 1-1, Wheeler et al. 1998, Sundberg 2020). Inom vilket livsstadium en individ befinner sig beror generellt på dess ålder; först är den enbladig, följt av det tvåbladiga livsstadiet för att till sist blomma. Individer kan dock växla mellan livsstadier, stanna kvar en längre tid i ett stadium alternativt vila som en pseudolök (Wheeler et al. 1998). I Europa återfinns arten i kalkrika och blöta miljöer då gulyxne kräver en kontinuerlig tillgång till vatten för att trivas. Generellt anses arten gynnas av olika åtgärder som motverkar att våtmarker växer igen och blir torrare, såsom bete och slåtter (Sundberg 2006, 2020, Tyler et al. 2021).



Figur 1-1. Illustration av gulyxnens livscykel baserad på Wheeler et al. (1998). Figuren är en modifierad version av en illustration skapad av Anna Maria Larsson, Ekologigruppen AB, 2016.

I både Europa och Nordamerika visar gulyxne på stora variationer med avseende på individtätheter mellan år, där en förändring på $\pm 50\%$ av individtätheterna inom lokaler mellan år har observerats på flera platser (Jones 1998, Wheeler et al. 1998, McMaster 2021). Vad som styr dessa fluktuationer är inte helt klarlagt och det finns flera olika hypoteser. Gemensamt för dessa hypoteser är att de alla är kopplade till fluktuationer i hydrologiska förhållanden i områdena där gulyxne förekommer (tabell 1-1).

Tabell 1-1. Tre olika hypoteser som lagts fram gällande vad som styr mellanårsvariation i gulyxneförekomst.

Benämning	Definition	Testad i denna sammanställning	Referens
Hypotes 1	Antalet gulyxne i ett område ökar året efter ett torrt år.	Ja	Oostermeijer och Hartman 2014
Hypotes 2	De hydrologiska förhållanden som råder under tillväxtsången för gulyxne (maj-juli) styr om det blir ett år med höga eller låga individtätheter av gulyxne (Wheeler 1998).	Ja	Wheeler et al. 1998
Hypotes 3	Blöta förhållanden under tillväxtsången minskar betestrycket från sniglar och snäckor vilket i sin tur skulle minska mortaliteten och således öka individtätheten av gulyxne.	Indirekt via hypotes 2	Wheeler et al. 1998 Sundberg 2006

1.1 Forsmarksområdet

Det kustnära och flacka Forsmarksområdet i Norduppland karakteriseras av kalkrik barrskog och i området finns det ett flertal små sjöar, gölar samt rikkärr och extremrikkärr (SKB 2011). Delar av Forsmarksområdet är idag klassat som skyddsobjekt då Forsmarks kärnkraftverk samt SKB:s (Svensk Kärnbränslehantering AB) befintliga slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) ligger här. I närheten av dessa anläggningar planerar SKB att uppföra Kärnbränsleförvaret för använt långlivat kärnbränsle. Under uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret finns det risk för en grundvattenavsänkning i delar av Forsmarksområdet (Werner et al. 2010) (figur 1-2), vilket skulle kunna leda till att vissa våtmarker periodvis blir torrare vilket i sin tur kan ha en negativ påverkan på deras lämplighet som habitat för exempelvis gulyxne.

1.1.1 Yttäckande inventeringar av gulyxne i Forsmark

SKB har inventerat gulyxne i mellan 11 och 31 våtmarker per år i Forsmark sedan 2012 (Collinder 2013, 2014, 2015, Collinder och Zachariassen 2016, Zachariassen och Collinder 2017, Löf och Sallmén 2017, Löf et al. 2018, Lif och Kjetselberg 2019, Holmgren et al. 2020, 2021) (figur 1-2). Dessa inventeringar har utförts i syfte att kartlägga hur gulyxne varierar i tid och rum i Forsmarksområdet innan SKB:s arbeten med undermarksdelarna av Kärnbränsleförvaret påbörjas. Vid gulyxnefynd registreras också flertalet omvärldsparemetrar såsom täckningsgraden av olika mossor, vass, buskage samt avståndet mellan gulyxneindivider och grundvattenytan.

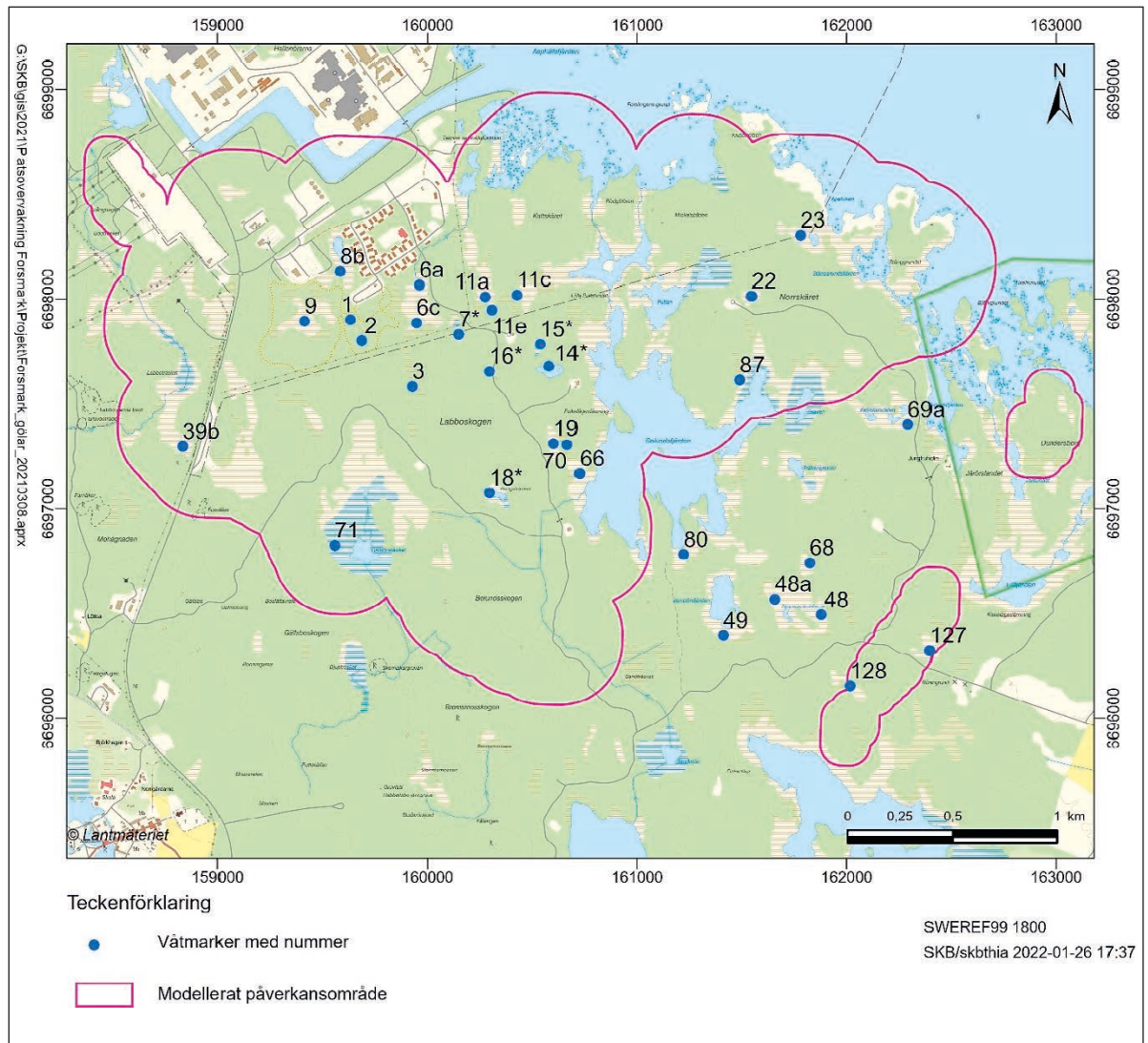
1.1.2 Översvämningar, skötselexperiment, slåtter och infiltrationsmöjligheter

Sedan inventeringarna av gulyxne startade 2012 har händelser ägt rum som lokalt påverkat gulyxneförekomsterna i området. Två våtmarker (våtmark 8 och 9 i figur 1-2) i den nordvästra delen av området där gulyxne årligen har inventerats sedan 2012 var översvämmade under perioden september 2012 – september 2013 till följd av en dämning nedströms våtmarkerna i samband med entreprenadarbete (Werner et al. 2013)¹. Gulyxne förekom i båda dessa våtmarker vid inventeringen sommaren

¹ SKBdoc 1404562 ver 1.0 (internt dokument)

2012, men efter översvämningen upphört observerades endast ett fåtal individer i de två våtmarkerna, och då under enstaka år, fram tills 2018. Efter 2018 har antalet gulyxne börjat närma sig den täthet som noterades 2012 i våtmark 8b, medan det i våtmark 9 inte gjorts några fynd av gulyxne sedan 2018 (Holmgren et al. 2021).

I våtmark 48, belägen i de sydöstra delarna av Forsmarksområdet, utanför det modellberäknade påverkansområdet för avsänkning av grundvattenytan (Werner et al. 2010) (figur 1-2), har ett skötsel försök pågått sedan 2015. Syftet med detta försök är att undersöka hur olika typer av skötselmetoder och störningar (slätter samt olika trampintensitet i olika delområden inom våtmarken) påverkar förekomsten av gulyxne. Syftet är att i framtiden utforma så effektiva skötselåtgärder som möjligt för att gynna bland annat gulyxne och andra arter förknippade med rikkärr (Eriksson och Collinder 2021a).



Figur 1-2. Karta som visar lägen för de våtmarker som inventerats för gulyxne under perioden 2012–2021 (blå punkter), deras alias (nummer vid blå punkterna) samt det modellberäknade påverkansområdet inklusive buffertzoner inom vilket en grundvattenavsänkning kan ske vid uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret (inom områdena avgränsade med lila linjer) (Werner et al. 2010). Våtmarker markerade med * markerar var vattentillförsel bedöms vara en möjlig åtgärd för att motverka negativa ekologiska konsekvenser vid en eventuell grundvattenavsänkning till följd av SKB:s verksamhet.

Utöver skötsel försöket i våtmark 48 har SKB även utfört slåtter som skötselåtgärd i våtmark 23 sedan 2018 och i våtmark 68 sedan 2021. SKB planerar också att utföra skötselåtgärder i fler våtmarker framöver baserat på den skötselplan som finns för rikkärr inom SKB:s markinnehav i Forsmark (Allmér 2022)².

Utöver skötsel försöket och den skötselplan som tagits fram för rikkärren i Forsmark (Eriksson och Collinder 2021a, Allmér 2022)² har SKB föreslagit tillförsel av vatten som åtgärd vid fem utpekade våtmarker med tillhörande gölar (våtmark 7, 14, 15, 16 och 18, se figur 1-2). SKB har föreslagit detta som en åtgärd för att lokalt motverka alternativt bromsa en eventuell grundvattenavsänkning som skulle kunna påverka de ekologiska förhållandena negativt i samband med uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret (Werner et al. 2010, 2014). Dessa fem våtmarker har alla höga naturvärden då de frekvent hyser gulyxne och/eller två andra fridlysta arter som förekommer frekvent i området; gölgröda, *Pelophylax lessonae*, och större vattensalamander, *Triturus cristatus*, (Holmberg 2021, Holmgren et al. 2021, Jacobson 2021). I de utpekade våtmarkerna finns också andra, mer allmänt förekommande fridlysta orkidéer.

1.2 Syften och frågeställningar

Denna sammanställning och utvärdering har två syften. Det första syftet är att redogöra för hur gulyxnepopulationen varierat i tid och rum i Forsmarksområdet under tidsperioden 2012–2021, med avseende på individtäthet, livsstadiestruktur och rumslig utbredning. Resultaten från denna redogörelse kan till exempel användas för att fastställa lämpliga referensnivåer för att utvärdera huruvida SKB:s verksamhet i området har en negativ påverkan på gulyxne.

Det andra syftet är att identifiera miljövariabler som bidrar till att förklara den observerade variationen i tid och rum med avseende på individtätheter. Detta görs genom att undersöka eventuella samband mellan gulyxne och miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark i enlighet med hypotes 1 och 2 (hypotes 3 testades inte då vi inte samlar in täthetsdata för snäckor och sniglar som konsumerar gulyxne, men denna testas indirekt via hypotes 2) (tabell 1-1). Som ett komplement till dessa analyser redovisas tre fallstudier med syftet att öka förståelsen kring artens habitatpreferenser, återhämtningstid efter kraftiga störningar samt hur gulyxne svarar på olika typer av skötselåtgärder. Resultatet av dessa studier kan användas för att styra omgivningsförhållanden så att gulyxne gynnas.

Den första fallstudien summerar de omvärldsparametrar som registrerats i samband med gulyxneinventeringarna och avstånd till grundvattenytan som uppmätts vid fyndplatser för att ge en beskrivning av artens habitatpreferenser i Forsmark. Den andra fallstudien innefattar analyser gällande vad som är ”för blött” för att arten ska trivas samt hur snabbt gulyxne kan återhämta sig efter en naturlig störning, och som undersökts med hjälp av inventerings- och grundvattennivådata från de två våtmarker (våtmark 8 och 9) som översvämmades september 2012 till september 2013. Fallstudie tre undersöker hur arten svarar på olika typer av skötselåtgärder (slåtter) och markstörningar (trampintensitet), där resultaten från skötsel experimentet i våtmark 48 och inventeringsdata från våtmark 23 (där slåtter pågått sedan 2018) ingår.

² SKBdoc 1968883 ver 1.0 (internt dokument)

2 Material och metoder

2.1 Gulyxneinventeringen i Forsmark

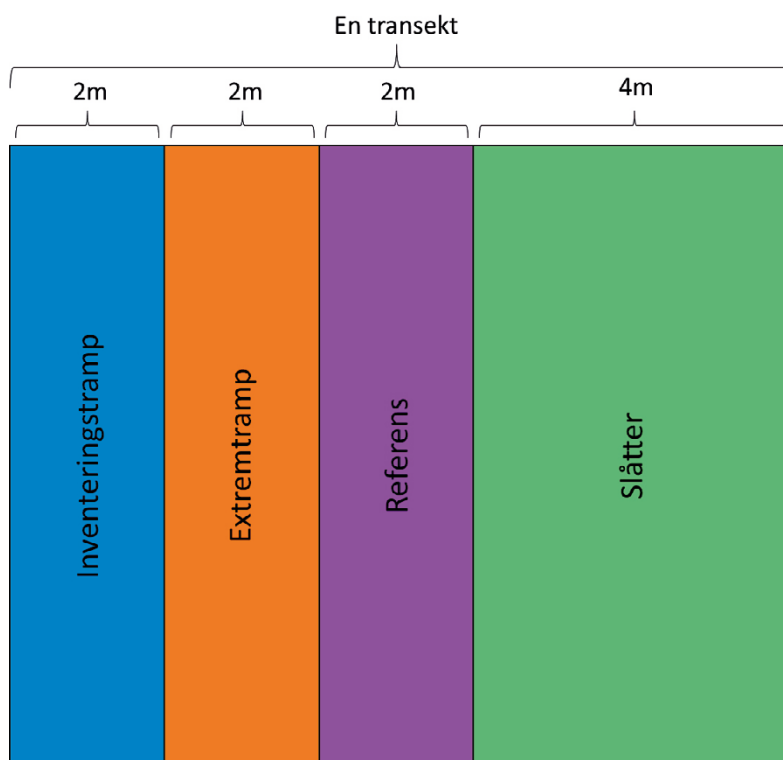
Inventering av gulyxne sker en gång per år kring månadsskiftet juni–juli, vilket sammanfaller med den tid på året då gulyxne blommar. Inventering går till så att inventeraren besöker samtliga våtmarker där gulyxne påträffats tidigare år samt alla de våtmarker inom området där förutsättningarna för förekomst av gulyxne finns (Holmgren et al. 2021). Inventeraren söker systematiskt igenom en våtmark efter gulyxne genom att gå igenom våtmarken i ett linjemönster. Vid varje fyndplats tas en position med GPS och platsen markeras med en liten träpinne. Om flera individer påträffas inom ett avstånd av 5 meter från varandra så antas dessa tillhöra samma bestånd för vilka en position tas. Individer på längre avstånd från varandra räknas som olika bestånd för vilka positioner tas separat. För varje fynd registreras individens livsstadie, det vill säga om individen är enbladig, tvåbladig eller blommande (figur 1-1). Utöver detta mäts även det vertikala avståndet från individens bladrosett ner till grundvattenytan. Detta avstånd mäts ca 10 cm bredvid individen för att inte skada eventuella rottrådar. Vid fynd av flera individer inom 5 meter (ett bestånd) görs mätningen mellan bladrossetten och grundvattenytan på en plats för hela beståndet. Sedan 2016 har även torvdjupet samt täckningsgraden av brunmossa, vass, buskar och förna registrerats vid varje nytt fynd. Gulyxneinventeringens omfattning har varierat sedan inventeringarna startades. Första året (2012) inventerades 11 våtmarker, och mellan 29 och 31 våtmarker har inventerats årligen under perioden 2013–2016. Då inga fynd av gulyxne gjordes i 10 våtmarker under inventeringarna 2013–2016 bestämdes det inför inventeringen 2017 att dessa 10 inte behöver inventeras årligen utan istället med fem-årsintervaller. Resterande 21 våtmarker har dock fortsatt att inventeras varje år. År 2021 (fem år efter 2016) var därför första året sedan 2016 då samtliga 31 våtmarker inventerades.

2.2 Skötsel försöket i våtmark 48

Sedan 2015 har ett skötsel försök pågått i våtmark 48, belägen i den sydöstra delen av Forsmarksområdet (figur 1-2) (Eriksson och Collinder 2021b, Holmgren et al. 2021, Nordén et al. 2021). Syftet med skötsel försöket är att undersöka huruvida tre olika typer av störningar samt skötsel (extremtramp, inventeringstramp samt slätter) påverkar gulyxne, med målet att utforma så effektiva skötselåtgärder som möjligt för att gynna gulyxne i Forsmarksområdet. Försöket genomförs inom fem olika transekter (30, 54, 54, 54 respektive 62 m långa), som i sin tur är uppdelade på fyra deltransekter (en för respektive behandling samt en orörd referens). Transekterna inventeras årligen under juli (figur 2-1 och figur 2-2) (Eriksson och Collinder 2021b, Nordén et al. 2021):

- Inventeringstramp görs per automatik när ytan årligen inventeras.
- Extremtramp innebär att hela ytan trampas två gånger via systematisk gång med korta överlappande steg. Större buskar trampas intill stammen, men buskarna trampas inte ned. Extremtramp har utförts under september.
- Referensytan lämnas helt orörd och inventeras från sidorna via de angränsande ytorna (extremtramp respektive slätter).
- Slätter går till så att all vegetation kapas med röjsåg 15 cm över markytan. Höjden har valts för att inte skada gulyxneindivider. Växtmaterialet som kapas bort flyttas från våtmarken. Slätter utförs varje år under augusti. Slätterytan är dubbelt så bred (4 m) som individuella bredder för övriga transekter.

I mindre inventeringsrutor som fördelats jämt över de olika skötsel ytorna har även andra omvärldsp parametrar registrerats liksom avståndet mellan markytans överkant och underliggande grundvattenyta (Eriksson och Collinder 2021b). Dessa data är således inte specifikt för platser för gulyxnefynd utan ger en generell bild av förutsättningarna för hela skötsel ytan som kan sägas representera delar av en våtmark i Forsmark där gulyxne förekommer. Dessa data kan i sin tur delas upp efter använda skötsel åtgärder. De omvärldsp parametrar som registrerats är täckningsgraden av vass, buskage, brunmossa, spjutmossa, vitmossa och förna. Innan skötsel försöket startades 2015 inventerades samtliga ytor inom våtmark 48. För mer detaljer kring skötsel försökets utformning, se Eriksson och Collinder (2021b) samt Nordén et al. (2021).



Figur 2-1. Konceptuell figur som visar hur en transekt delats in i fyra deltransekter, en för respektive behandling (extremtramp, inventeringstramp, referens och slätter), under skötsel försöket i våtmark 48. I skötsel försöket ingår totalt fyra transekter som är 30, 54, 54, 54 respektive 62 m långa.



Figur 2-2. Fotografi från slätter försöket september 2019. I mitten en slåttrad deltransekt omgiven av deltransekter med inventeringstramp (till vänster) respektive referens (till höger).

2.3 Data

Samtliga data som använts i denna sammanställning finns lagrade i SKB:s databas SICADA. Datauttaget från denna databas gjordes den 15 december 2021 och är spårbart via beställningens ID-nummer *SKBdata-21-054*.

2.3.1 Årliga gulyxneinventering

Då endast 11 våtmarker inventerades 2012 redovisas observationerna från detta år i de figurer som visualiserar våtmarksspecifika tidsserier med avseende på individtätheter av gulyxne (2012–2021), men de exkluderades dock från statistiska analyser och sammanställningar för hela Forsmarksområdet. Resultaten från 2012 baseras på betydligt färre våtmarker jämfört med inventeringsresultaten från senare år, vilket försvårar en direkt jämförelse mellan 2012 och resterande år.

2.3.2 Skötsel försöket i våtmark 48

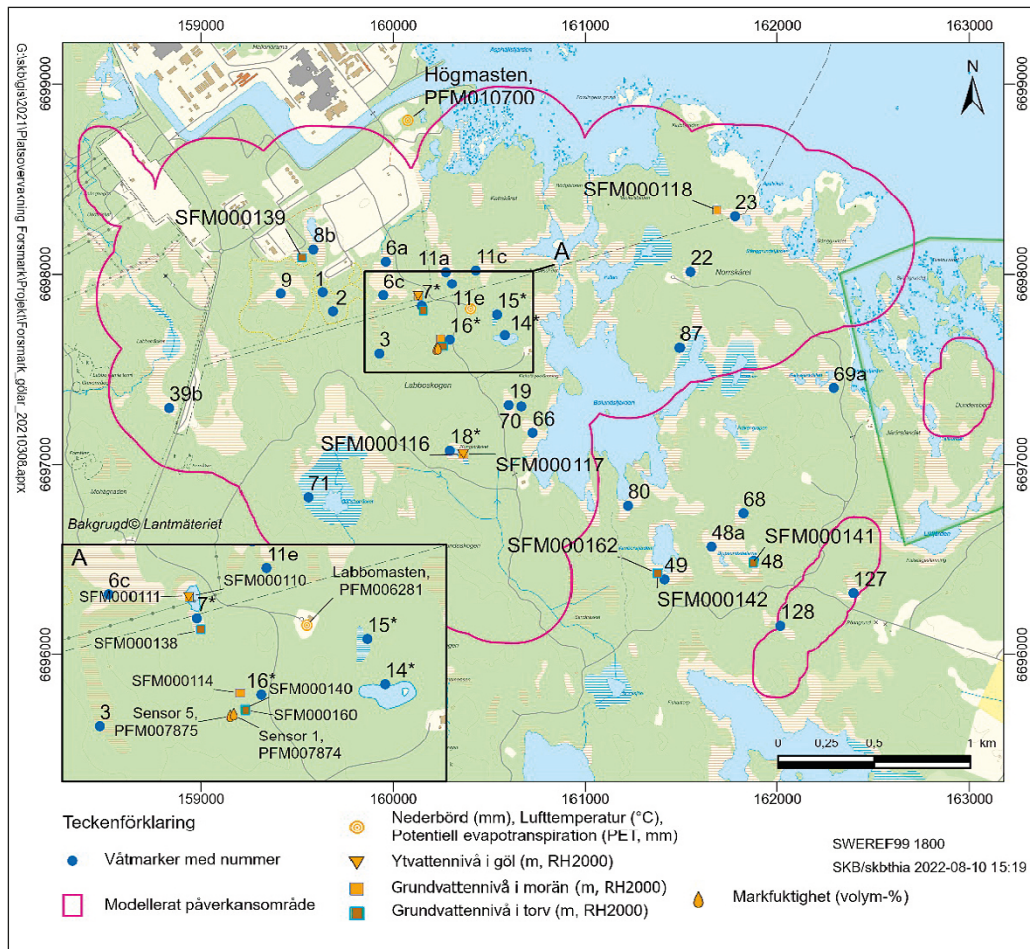
För skötsel försöket har data från samtliga års inventeringar inkluderats i sammanställningen. Vid försökets start 2015 gjordes olika antal gulyxnefynd i de olika behandlingsytorna. Utöver detta så är slåtterytan dubbelt så bred som resterande ytor (4 m). För att ta hänsyn till denna skillnad har den relativa förändringen (%) i antalet gulyxnefynd mot antalet fynd 2015 använts för att utvärdera om gulyxne gynnats av någon av de tre behandlingar som testats i skötsel försöket (inventeringstramp, extremtramp och slåtter).

2.3.3 Miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark

Eftersom gulyxne kräver kontinuerlig tillgång till vatten för att trivas (Sundberg 2006), har flertalet miljövariabler kopplade till hydrologin och meteorologin i Forsmark som SKB kontinuerligt övervakar valts ut för att undersöka huruvida dessa eventuellt bidrar till att förklara mellanårsvariation av gulyxnetätheter. SKB har ett övervakningsprogram i Forsmark som inkluderar kontinuerlig mätning av hydrologiska och meteorologiska parametrar på flera platser i Forsmark (Werner och Atmosudirdjo 2022). De variabler som valts ut för denna sammanställning är:

- nederbördsmängd (mm),
- lufttemperatur (°C),
- PET (potentiell evapotranspiration, ett beräknat mått på maximal avdunstning och växttranspiration, mm),
- markfuktighet (volym-%),
- grundvattennivåer mätta i torv respektive morän (m, RH 2000),
- ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxnefynd (m, RH 2000).

En del av dessa variabler (nederbörd, lufttemperatur, PET och markfuktighet) samlas in vid en eller ett fåtal stationer och antas därför här vara representativa för samtliga våtmarker i Forsmarksområdet (hädanefter kallad regional skala) (figur 2-3). Dessa miljövariabler har därför testats mot det totala antalet gulyxnefynd som gjorts i Forsmarksområdet per år under perioden 2013–2021. För de resterande miljövariablerna (grundvattennivåer i torv samt morän och ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxnefynd) görs mätningar vid flera stationer inom våtmarker och gölar, varför dessa testats mot gulyxneobservationer inom respektive våtmark där mätningarna gjorts (hädanefter kallad lokal skala) (figur 2-3). Samtliga variabler testades mot hypotes 1 och hypotes 2 (tabell 1-1), med data från maj, juni och juli (den årliga tillväxtperioden för gulyxne (Mvricka 1990, Wheeler et al. 1998, Sundberg 2020)). Samtliga miljövariabler och deras mellanårsvariation för månaderna maj, juni och juli månad visualiseras i bilaga 1.



Figur 2-3. Karta som visar lägen för de olika mätstationerna (ID-koder som börjar på antingen SFM eller PFM) från vilka data använts i denna sammanställning. Symbolerna som är kopplade till varje ID-kod visar vilken typ av data som samlas in vid varje mätstation. Området innanför den svarta rektangeln är förstorat i kartans nedre vänstra hörn för ökad läsbarhet. Blå punkter visar lägen för de våtmarker som inventerats för gulyxne under 2012–2021, deras alias (nummer vid blå punkter) samt det modellberäknade påverkansområdet inklusive buffertzoner inom vilken en grundvattenavsänkning kan ske vid uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret (områden avgränsade med lila linjer) (Werner et al. 2010). Våtmarker markerade med * markerar var vattentillförsel bedöms vara en möjlig åtgärd för att motverka negativa ekologiska konsekvenser vid en eventuell grundvattenavsänkning till följd av SKB:s verksamhet.

Nederbördsmängd

Nederbördsmängden i Forsmarksområdet har registrerats två gånger per timme vid sammanlagt tre meteorologiska mätstationer i Forsmarksområdet sedan maj 2003. Under 2003–2007 samlades nederbördsdata in vid Storskäret (visas inte i figur 2-3), under 2003–2015 vid Högmasten och från 2013 samlas nederbördsdata in vid Labbomasten (figur 2-3). I de olika analyserna där nederbördsmängden ingår används data från Högmasten för år 2012 och från Labbomasten för 2013 och framåt (bilaga 1, figur B1-1).

Lufttemperatur

Lufttemperaturen i Forsmarksområdet har registrerats två mätningar per timme under perioden 2003–2021 vid Högmasten, Labbomasten och Storskäret. Vid Storskäret mättes lufttemperaturen 2003–2007, vid Högmasten under 2003–2015 medan mätningar pågått sedan 2013 vid Labbomasten (figur 2-3). I de olika analyserna där lufttemperaturen ingår används data från Högmasten för år 2012 och från Labbomasten år 2013–2021 (bilaga 1, figur B1-2).

Potentiell evapotranspiration, PET

Potentiell evapotranspiration (PET) är ett beräknat mått på maximal avdunstning och växttranspiration, mm. PET finns beräknad för perioden 13 maj 2003 till 10 juni 2015 (två kumulativa värden per timme) baserat på data från Högmasten. PET finns också beräknad från 6 april 2013 till den 31 december 2014 samt från den 29 juni 2015 och framåt baserat på data från Labbomasten (figur 2-3). PET räknas fram med Penmans ekvation enligt SKB:s metodbeskrivning för meteorologiska mätningar (Larsson-McCann och Morosini 2022) där uppmätt lufttemperatur (°C), relativ luftfuktighet (%), vindhastighet (m/s) och globalstrålning (W/m²) används. Eftersom det inte finns data för hela juni år 2015 utgick juni månad för detta år från analyserna. För resterande månader användes totala PET för månaderna maj, juni och juli respektive år baserat på data från Högmasten för perioden 2012 – maj 2015 och från Labbomasten för perioden juli 2015 – 2021 (bilaga 1, figur B1-3).

Markfuktighet

Markfuktigheten i Forsmark har kontinuerligt mätts vid olika mätstationer sedan juni 2017 (Petrone 2017)³. Två av dessa mätstationer (PFM007874 och PFM007875) är belägna strax väster om våtmark 16 (figur 2-3) och är de markfuktighetsmätningar som bedöms vara mest representativa för våtmarks-miljöerna i Forsmark. Totalt finns fyra sensorer vid respektive mätstation som mäter markfuktigheten på olika djup under markytan. Den grundaste sensorn vid PFM007874 (sensor 1) registrerar markfuktigheten 15 cm under markytan i det övre jordlagret (förna), och detsamma gäller den grundaste sensorn vid PFM007875 (sensor 5). Då resterande sex sensorer ligger djupare i marken och i andra jordlager (främst lera och morän), valdes sensor 1 vid PFM007874 och sensor 5 vid PFM007875 ut som mest representativa för markfuktigheten med avseende på gulyxne. Då mätningarna startade den 19 juni 2017 användes data från och med juli 2017 i analyserna (bilaga 1, figur B1-4).

Grundvattennivåer i torv (kärr)

Grundvattennivåer i torv har kontinuerligt registrerats i grundvattenrör installerade i torv (figur 2-3) i och i anslutning till flertalet våtmarker där gulyxne frekvent förekommer (våtmark 7, 8b, 16, 48 och 49). Mätningarna i grundvattenrör i torv påbörjades den 3 juli 2014 i våtmarkerna 8b, 16, 48 och 49 medan mätningarna startade den 3 juni 2015 i våtmark 7. Eftersom det inte finns mätningar från maj 2014 utgick detta år i analyserna avseende maj månad. För våtmark 7 utgick även juni, juli 2014 samt maj 2015, eftersom mätningarna påbörjades i början på juni 2015. Data insamlade efter april 2021 fanns inte tillgängliga för någon av våtmarkerna i SKB:s databas SICADA när datauttaget för denna sammanställning gjordes (15 december 2021), varför år 2021 heller inte ingått i analyserna (bilaga 1, figur B1-5). För flera av dessa grundvattenrör har nivåmätningarna fått nya ID-nummer (SFM-nummer) över tid då utrustningen eller mättekniken ändrats inom mätstationerna alternativt att nivåmätningar gjorts samtidigt men med olika utrustning inom samma station. Detta innebär att olika ID-koder för samma typ av data kan finnas för vissa våtmarker (figur 2-3, bilaga 1, figur B1-5 och bilaga 2).

Grundvattennivåer i morän

Grundvattennivåmätningar i grundvattenrör i morän utförs på ett stort antal platser i Forsmark och de första mätningarna startade i september 2002. Några av dessa grundvattenrör är placerade i närheten av våtmarker där gulyxne frekvent förekommer (7, 16, 18, 23, 48 och 49) (figur 2-3). För grundvattenrören i morän vid våtmark 7, 16, 18 och 23 finns data för hela perioden som gulyxne inventerats i Forsmark (2012–2021). För grundvattenrören som mäter grundvattennivå i morän i närheten av våtmarkerna 48 och 49 startade mätningarna i slutet på 2019. På grund av korta mätserier från grundvattenrör i morän i anslutning till våtmarkerna 48 och 49 exkluderades dessa från analysen. För de resterande fyra våtmarkerna (7, 16, 18 och 23) kunde hypotes 1 och 2 (tabell 1-1) testas för perioden 2012–2021 för respektive våtmark där det årliga medelvärdet av grundvattennivån för maj, juni och juli användes (bilaga 1, figur B1-6).

³ SKBdoc 1582414 ver 1.0 (internt dokument)

För flertalet av våtmarkerna finns flera olika mätserier. För grundvattennivåer uppmätta i morän i anslutning till våtmark 7 finns två olika grundvattenrör (SFM000110 och SFM000191) där data från grundvattenröret SFM000110 användes då data innehåller nivåmätningar från perioden 2011–2021. Grundvattenröret SFM000191 har nivåmätningar från perioden 2019–2021 (bilaga 2). För grundvattennivåmätningar i morän i anslutning till våtmark 16 finns nivåmätningar från tre olika grundvattenrör (SFM000114, SFM000134, SFM000135). Nivåmätningarna från grundvattenröret SFM000114 är den längsta mätserien varför denna användes i analyserna (bilaga 2). För grundvattennivåmätningar i morän i anslutning till våtmark 18 finns data från två olika grundvattenrör (SFM000116 och SFM000194). Av dessa är mätserien från grundvattenröret SFM000116 den längsta, varför denna användes i analyserna (bilaga 2). För våtmark 23 finns data från två olika grundvattenrör (SFM000118 och SFM000171). Mätserien från grundvattenrör SFM000118 är den längsta och användes därför i analysen (bilaga 2). Data insamlade efter april 2021 fanns inte tillgängliga för någon av våtmarkerna i SICADA när datauttaget för denna sammanställning gjordes, varför år 2021 inte gick in i analyserna (bilaga 1, figur B1-6).

Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst

I anslutning till några av de våtmarker där gulyxne frekvent förekommer finns gölar och i flera av dessa har ytvattennivån kontinuerligt registrerats i pegelrör (Werner och Atmosudirdjo 2022). För våtmark 7 och våtmark 18 finns det ytvattennivåmätningar för hela perioden då gulyxne inventerats (2012–2021, mätningarna startade i slutet på april 2009). För våtmark 16 finns data från april 2009 till slutet på september 2017 samt från början på maj 2019 och framåt. För våtmark 23 finns ytvattennivådata från och med augusti 2019 och för våtmark 48 från och med september 2019. Då mätserierna är korta för våtmarkerna 23 och 48, medan de är betydligt längre för våtmarkerna 7 (pegelrör SFM000111), 16 (pegelrör SFM000115) och 18 (pegelrör SFM000117) (figur 2-3), valdes de tre senare ut för att undersöka huruvida variation i ytvattennivån i gölar belägna i anslutning till dessa våtmarker under maj, juni samt juli bidrar till att förklara variationerna i antalet gulyxne enligt hypotes 1 och 2 (tabell 1-1) för respektive våtmark.

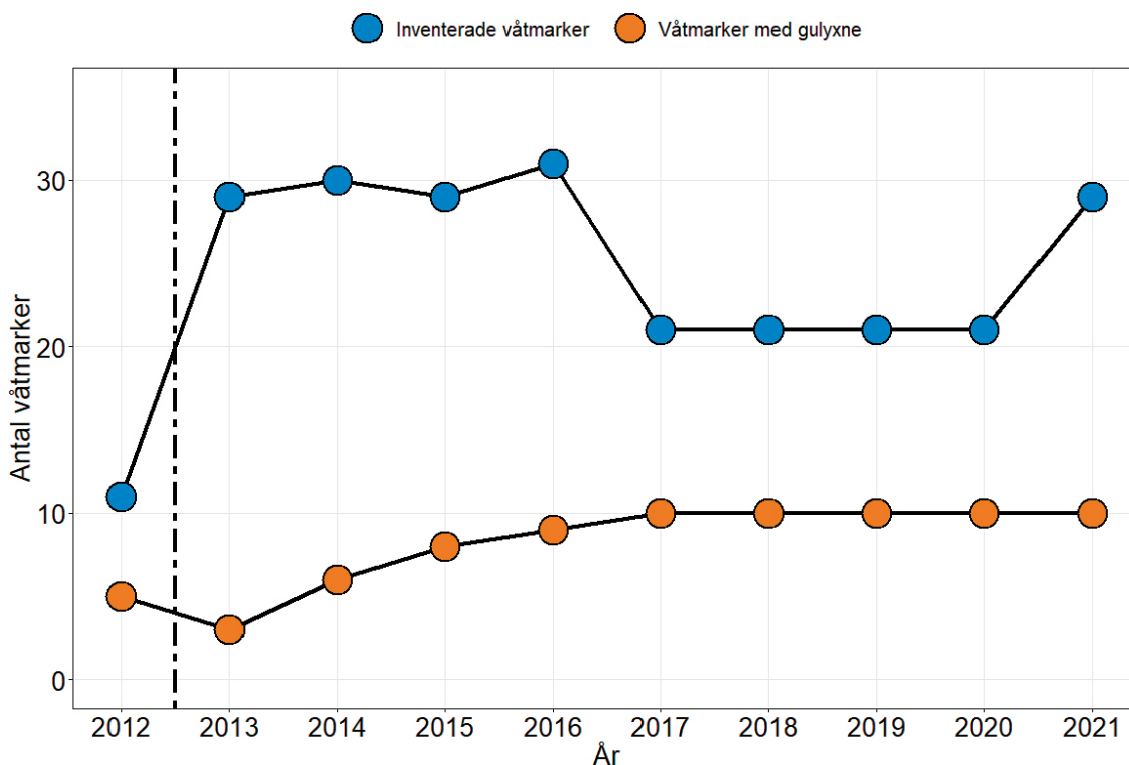
2.4 Analysmetodik

För att utvärdera påverkan av olika skötselåtgärder (extremtramp, inventeringstramp och slåtter) på antalet gulyxneindivider jämfört med referensområden, anpassades en ANOVA följt av Tukeys Post-Hoc test. Tukeys Post-Hoc test används för att utvärdera eventuella signifikanta skillnader i procentuell förändringen av gulyxne mellan de olika skötselytorna sedan experimentet startade 2015. För att testa eventuella samband mellan de olika miljövariablerna kopplade till hydrologin i Forsmark (sektion 2.2.2) och mellanårsvariationen av gulyxneindivider i Forsmark enligt hypotes 1 respektive hypotes 2 (tabell 1-1) användes linjära regressionsmodeller. Antagandena för ANOVA och de anpassade linjära regressionsmodellerna (homogen spridning av residualer, normalfördelade residualer och inflytande av eventuella outliers på modellerna) utvärderades visuellt med hjälp av olika typer av diagnostikfigurer (homogen spridning av standardiserade- mot anpassade residualer, residualernas avvikelse från modellens anpassade värden, QQ-plot för kontroll av residualernas normalfördelning samt en skattning av respektive datapunkts inverkan på modellresultatet (Cook's distance)). Prediktioner gjorda med anpassade regressionsmodeller utfördes med funktionen **predict** i R (se nedan) vilken genererar ett predikerat värde och dess konfidensintervall (95 %). All datahantering, -visualisering och -analys utfördes med mjukvaran R (version 4.0.2) och RStudio (version 1.3.1073) med paketen dplyr (version 1.0.7), tidyr (version 1.1.4), ggplot2 (version 3.3.5), jpeg (version 0.1.9) och grid (version 4.0.2). Skript och indatafiler finns lagrade hos SKB, men då inventeringsresultaten för gulyxne är säkerhetsklassade med kontrollerad spridning måste en dataförfrågning skickas till SKB:s ämnesområdeskoordinator inom ekologi, gällande tillgång till datafilerna.

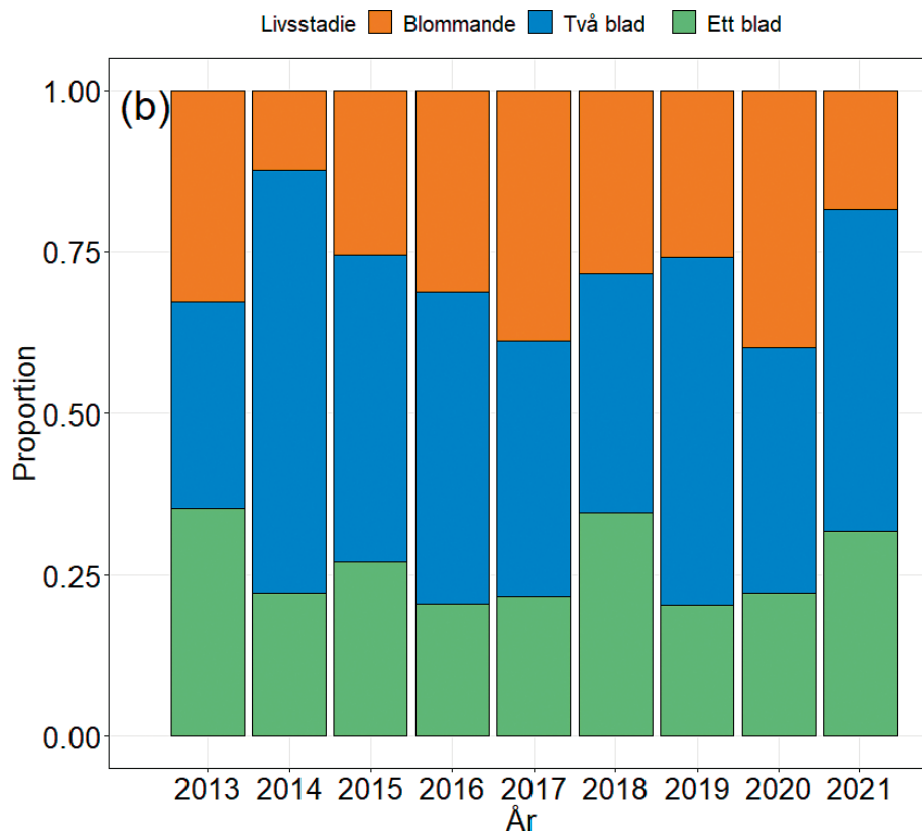
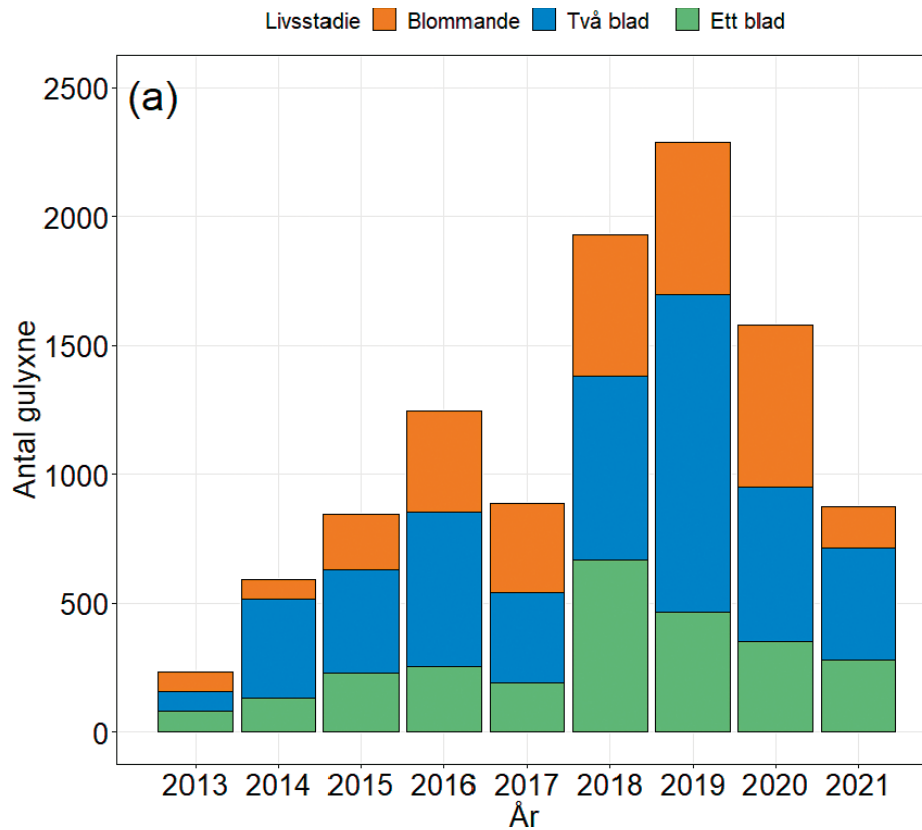
3 Resultat

Sedan inventeringarna startade 2012 har antalet inventerade våtmarker varierat mellan 11 och 31 per år och antalet våtmarker inom vilka gulyxne observerats varje år har varierat mellan 3 och 10. Från och med 2017 har gulyxne observerats i 10 våtmarker årligen, av vilka nio är årligen återkommande våtmarker där gulyxne observerats (figur 3-1 och figur 3-6). Gulyxne har observerats i totalt 11 våtmarker under inventeringarna 2012–2021 (figur 3-6). Inventeringen av gulyxnelokaler bedöms omfatta de 10 våtmarker i Forsmark där gulyxne förekommer. Vid tillfällena då inventeringsinsatsen ökats har inga nya lokaler påträffats.

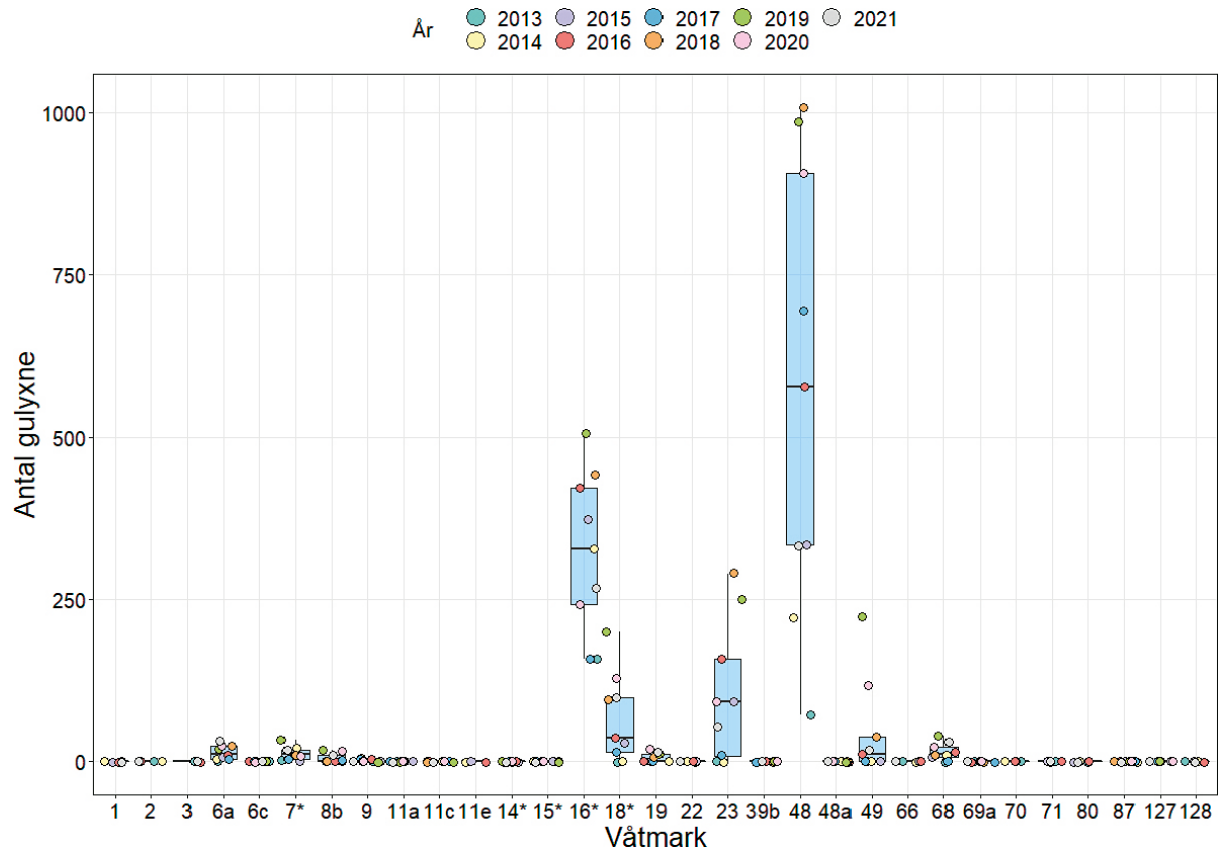
Under perioden 2013–2021 har gulyxnepopulationens storlek i Forsmark varierat mellan 232 och 2289 individer per år (figur 3-2a). Andelen av det totala antalet individer i varje livsstadium (enbladig, tvåbladig och blommande) har i medeltal för hela tidsperioden 2013–2021 varit 26 % enbladiga, 46 % tvåbladiga och 28 % blommande. Denna fördelning har dock varierat mellan år (enbladiga: 20–35 %, tvåbladiga: 32–66 % och blommande: 12–40 %) (figur 3-2b). Den stora majoriteten av gulyxnefynden i Forsmark under 2013–2021 har gjorts i våtmarkerna 16 och 48 (figur 3-3, figur 3-4a, b). Även fynden i våtmarkerna 18, 23 och 49 har under vissa år bidragit väsentligt till det totala antalet fynd, medan fynden i resterande våtmarker endast bidragit marginellt (figur 3-3, figur 3-4a, b).



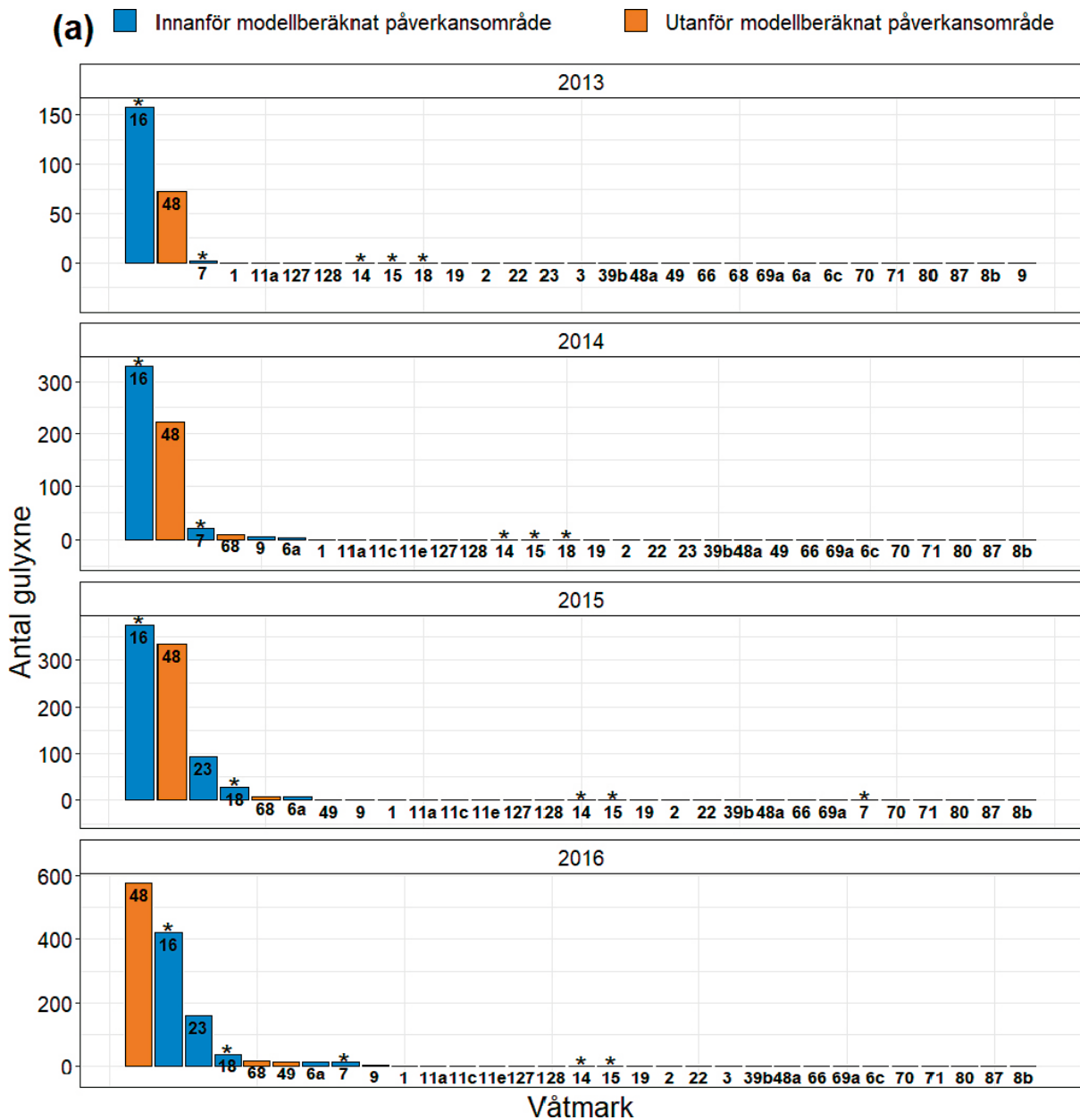
Figur 3-1. Antalet våtmarker som årligen inventerats för gulyxne i Forsmarksområdet (blå punkter) samt antalet våtmarker där gulyxne påträffats (orange punkter) under inventeringsperioden 2012–2021. Observera att från 2013 fram till 2016 inventerades ca 30 våtmarker. Därefter gjordes ett uppehåll fram till 2021 i 10 våtmarker där inga gulyxne hittats. Inte heller detta år hittades gulyxne i dessa våtmarker. Det är anledningen till att antalet våtmarker med gulyxne är konstant under senare delen av tidsperioden trots olika antal inventerade våtmarker.



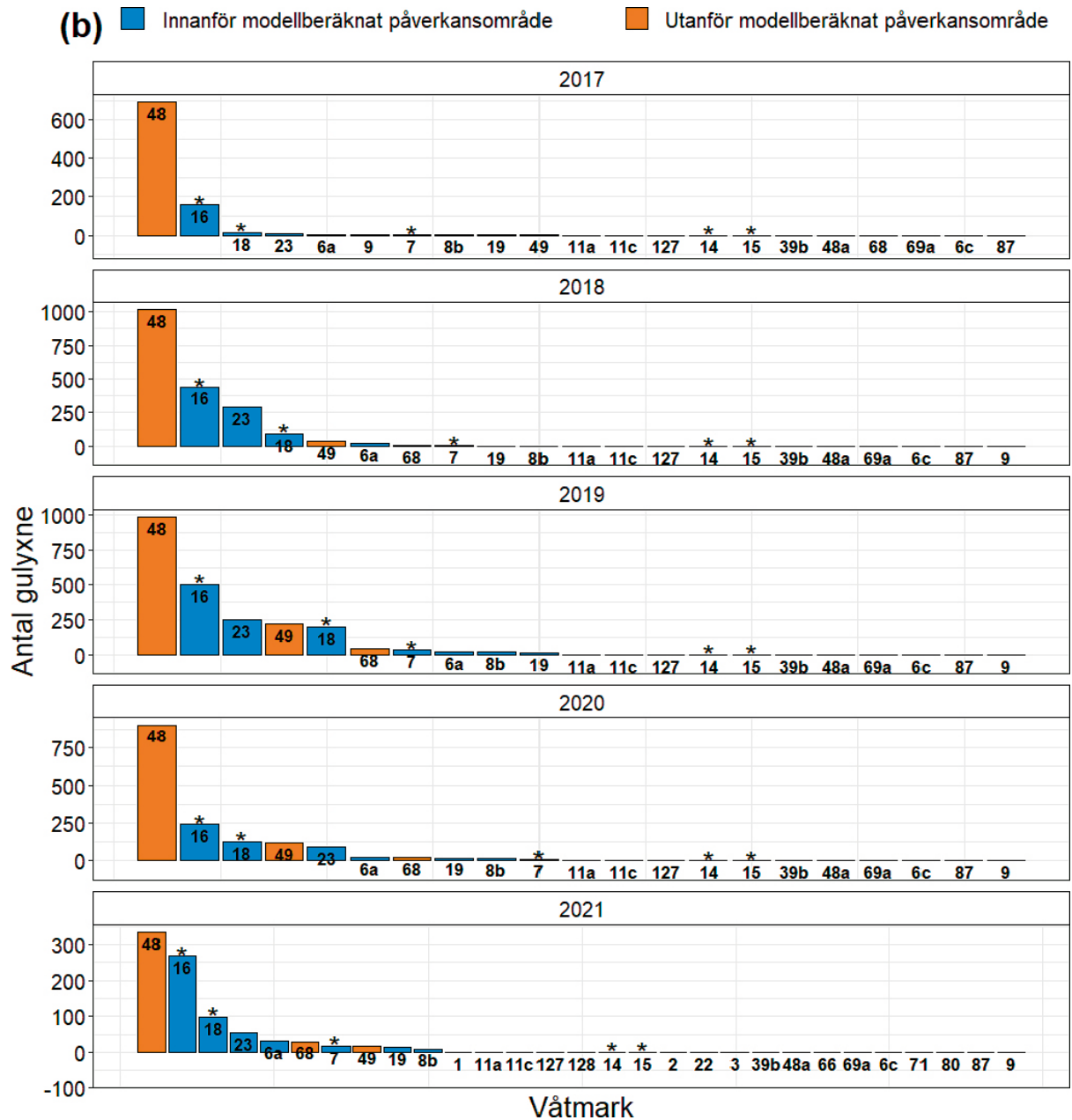
Figur 3-2. Årlig populationstäthet och stadiestruktur för gulyxne i Forsmarksområdet. **(a)** Antalet gulyxnefynd per år i Forsmarksområdet 2013–2021 (staplar), där staplarnas färger visar antalet individer inom varje livsstadie (enbladig, tvåbladig eller blommande). **(b)** Årlig proportion av de tre livsstadierna.



Figur 3-3. Boxplot som visar variationen av antalet gulyxnefynd per våtmark (se figur 1-2) och år i Forsmarksområdet under inventeringsåren 2013–2021. Punkter representerar antalet gulyxnefynd per våtmark och år, medan boxarna visar på punkternas fördelning för respektive våtmark. Boxarnas svarta horisontella linje motsvarar medianvärdet, deras nedre kant visar värdet som motsvarar den 25:e percentilen och boxarnas övre kant den 75:e percentilen. De vertikala svarta linjerna från boxarna visar värden inom $1,5 \times$ avståndet mellan 25:e och 75:e percentilen (nedre respektive övre strecket). Våtmarker markerade * är de där vattentillförsel är föreslagen som åtgärd vid en eventuell grundvattenavsänkning till följd av SKB:s verksamhet i Forsmark.



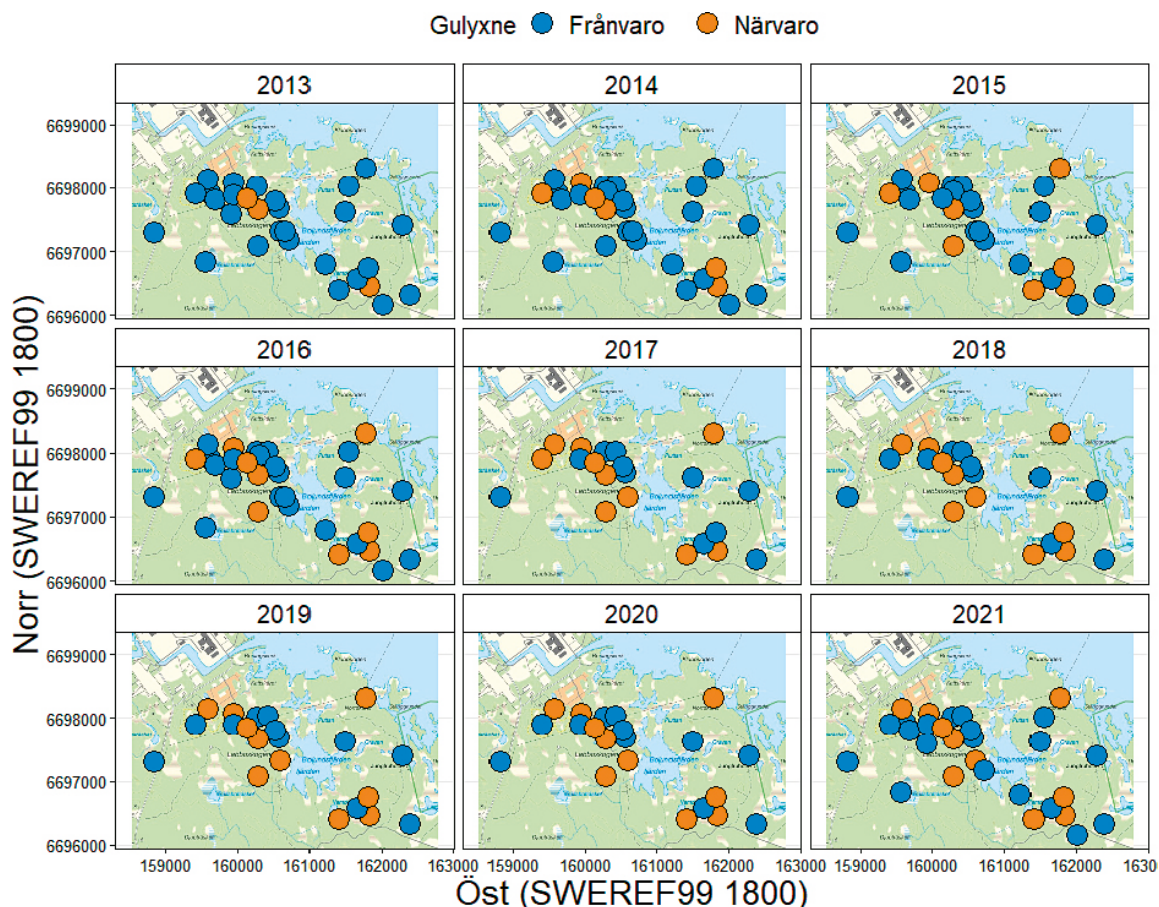
Figur 3-4a. Antalet gulyxnefynd per våtmark och år i Forsmarksområdet 2013–2016, sorterade efter antalet fynd respektive år. Staplarnas färger visar om våtmarken ligger innanför (blå staplar) eller utanför (orange staplar) det modellberäknade påverkansområdet (figur 1-2). Våtmarker markerade * ovanför stapeln är de där vattentillförsel är föreslagen som åtgärd vid en eventuell grundvattenavsänkning orsakad av SKB:s verksamhet. Vid jämförelser mellan paneler bör det observeras att skalorna på y-axlarna är olika.



Figur 3-4b. Antalet gulyxnefynd per våtmark och år i Forsmarksområdet 2017–2021, sorterade efter antalet fynd respektive år. Staplarnas färger visar om våtmarken ligger innanför (blå staplar) eller utanför (orange staplar) det modellberäknade påverkansområdet (figur 1-2). Våtmarker markerade * ovanför stapeln är de där vattentillförsel är föreslagen som åtgärd vid en eventuell grundvattenavsänkning orsakad av SKB:s verksamhet. Vid jämförelser mellan paneler bör det observeras att skalorna på y-axlarna inte är identiska.

3.1 Rumslig utbredning av gulyxne över tid i Forsmarksområdet

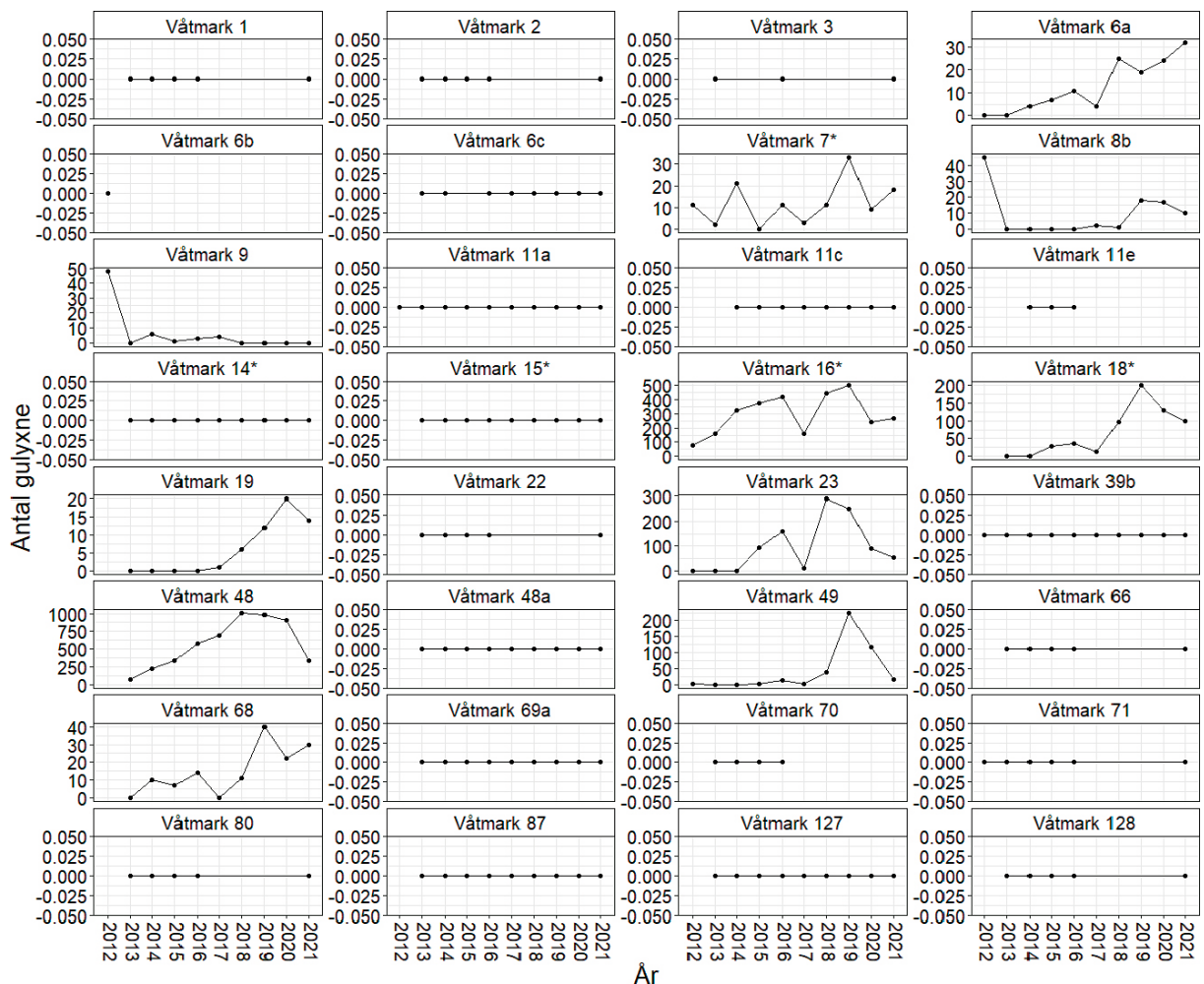
Gulyxne har återkommande observerats i de nordvästra och sydöstra delarna av Forsmarksområdet sedan 2013 (figur 3-5). Sedan 2015 har arten även återkommande observerats nära kustlinjen i den nordöstra delen av området. Sedan 2016 har utbredningen av gulyxne i Forsmark visat på låg rumslig mellanårsvariation då gulyxne generellt återfunnits årligen i samma våtmarker och få nyetableringar har observerats (figur 3-5).



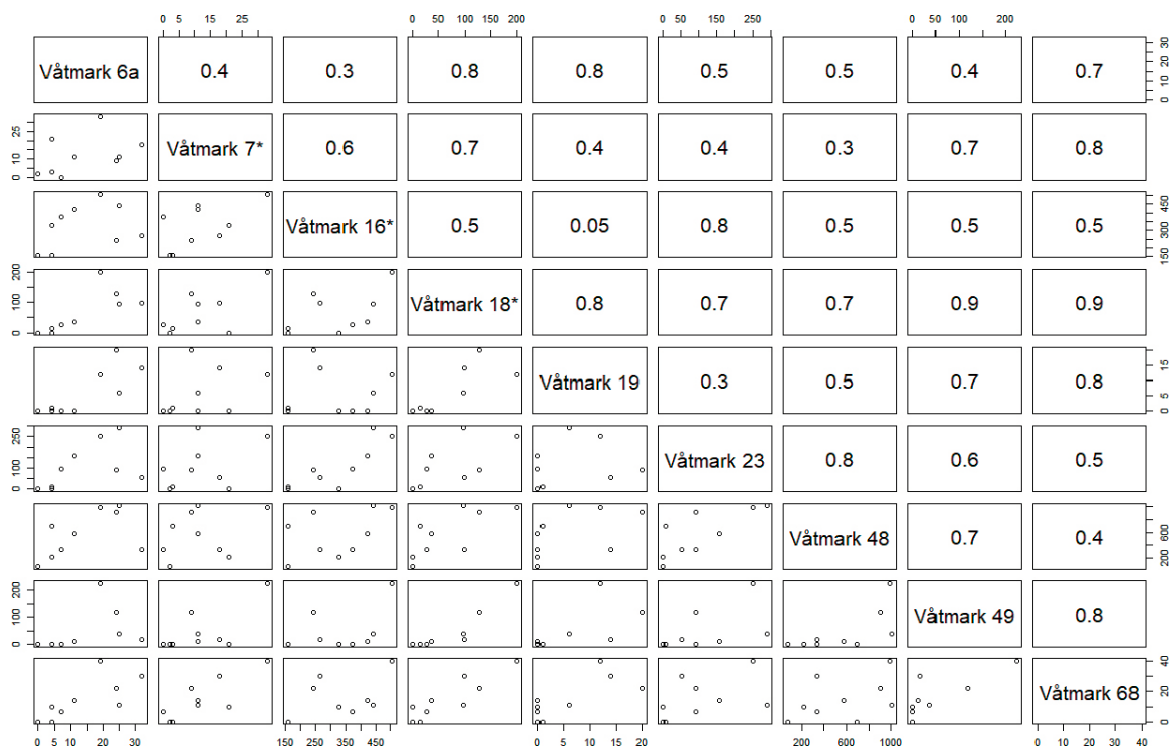
Figur 3-5. Rumslig utbredning av gulyxne i Forsmarksområdet 2013–2021 där varje panel representerar ett år, varje punkt representerar en inventerad våtmark medan punkternas färg visar om gulyxne observerats (orange punkter) eller inte (blå punkter).

3.2 Våtmarksspecifik utveckling av gulyxne över tid

I våtmarkerna 1, 2, 3, 6b, 6c, 11a, 11c, 11e, 14, 15, 22, 39b, 48a, 66, 69a, 70, 71, 80, 87, 127 och 128 har inga gulyxnefynd gjorts i samband med inventeringarna under perioden 2012–2021 (figur 1-2 och figur 3-6). I våtmarkerna 8b och 9 minskade antalet gulyxne drastiskt efter 2012 till följd av att båda våtmarkerna var översvämmade 2012–2013 (figur 3-6) (utvecklingen av gulyxne i dessa två våtmarker diskuteras mer ingående i sektion 3.4.1). I resterande nio våtmarker (6a, 7, 16, 18, 19, 23, 48, 49 och 68) förekommer gulyxne mer frekvent och i våtmark 16 och 48 har gulyxne observerats under samtliga år som dessa två våtmarker inventerats (våtmark 16: 2012–2021, våtmark 48: 2013–2021) (figur 3-6). Gemensamt för de nio våtmarkerna med frekvent förekomst av gulyxne (förutom våtmark 6a) är toppnoteringarna av antalet gulyxneindivider under antingen 2018 eller 2019 (figur 3-6). Den våtmarksspecifika utvecklingen över tid har inte varit helt identisk i de nio våtmarkerna med frekvent förekomst av gulyxne. Vid parvis jämförelse är korrelationen alltid positiv och visar generellt på en hög samvariation (medelvärde av korrelationskoefficient R mellan våtmarkspär = 0,59 ($\pm 0,20$ S.D.)) (figur 3-7). Vissa våtmarker visar på stark samvariation (våtmarkerna 18, 49 och 68, R = 0,8–0,9), medan andra visar på svag samvariation (våtmarkerna 16 och 19, R = 0,05 våtmarkerna 19 och 23, R = 0,3). För ett av våtmarkspären (våtmark 16 och 19) finns ingen samvariation (R = 0,05) (figur 3-7).



Figur 3-6. Antalet gulyxnefynd per våtmark över tid i Forsmarksområdet 2012–2021, där varje panel motsvarar en våtmark. Vid jämförelser mellan våtmarker bör det observeras att skalorna på y-axlarna är anpassade till respektive panel. Våtmarker markerade * är de för vilka vattentillförsel föreslagits som åtgärd vid en eventuell avsänkning till följd av SKB:s verksamhet i området. Inom flera våtmarker som inventerats har det inte gjorts några gulyxnefynd (våtmarkerna 1, 2, 3, 6b, 6c, 11a, 11c, 11e, 14, 15, 22, 39b, 48a, 66, 69a, 70, 71, 80, 87, 127 och 128). I panelerna för dessa våtmarker anges antalet gulyxne i skala $-0,05$ till $+0,05$.



Figur 3-7. Korrelationsmatris för antalet gulyxnefynd per år för de nio våtmarker med frekventa gulyxnefynd sedan 2013. Den övre halvan visar på korrelationskoefficienten (R) där 1 är en perfekt positiv korrelation, 0 är avsaknad av korrelation och -1 är en perfekt negativ korrelation. Nedre halvan visar de faktiska datapunkterna för varje korrelation. Våtmarker markerade * är de för vilka vattentillförsel föreslagits som åtgärd vid en eventuell avsänkning till följd av SKB:s verksamhet i området.

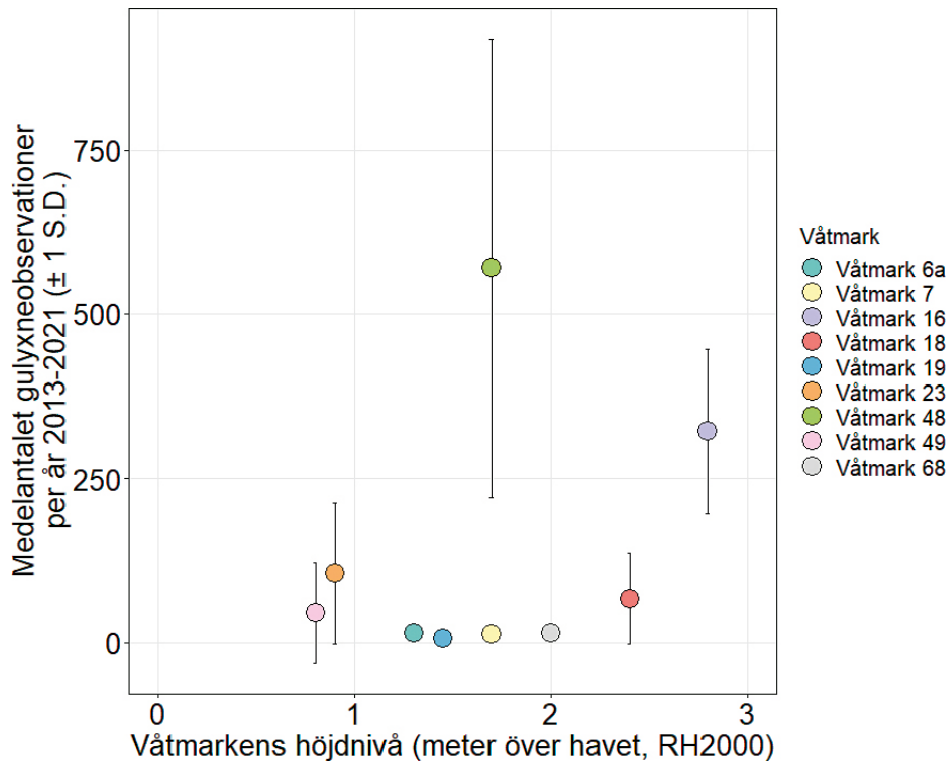
3.3 Omvärldsp parametrar vid gulyxnefynd

3.3.1 Våtmarkernas höjd över havet

För de nio våtmarker med frekventa gulyxnefynd under 2013–2021 varierar deras höjd från 0,8 till 2,8 m (RH 2000, höjddata hämtade från SKB:s digitala höjddata (Petroni och Strömberg 2020)) (tabell 3-1). Det finns inget statistiskt samband mellan våtmarkernas höjd inom området och medelantalet gulyxneobservationer (linjär regression: lutning = 88,4, intercept = $-19,3$, korrigerad förklaringsgrad ($\text{Adj. } R^2$) = $-0,039$, $P = 0,431$) (figur 3-8).

Tabell 3-1. Våtmarkernas ungefärliga höjd (m, RH 2000) samt medelantalet gulyxnefynd (± 1 standardavvikelse (S.D.)) per år för de nio våtmarker där gulyxne frekvent observerats under 2013–2021. Våtmarker markerade * är de våtmarker där vattentillförsel föreslagits som åtgärd vid en eventuell grundvattenavsänkning till följd av SKB:s verksamhet i området.

Våtmark	Ungefärlig höjd (m, RH 2000)	Medelantalet (± 1 S.D.) gulyxneobservationer per år 2013–2021
6a	1,3	14 ($\pm 11,3$)
7*	1,7	12 ($\pm 10,6$)
16*	2,8	322 (± 125)
18*	2,4	67 (± 69)
19	1,4	6 (± 8)
23	0,9	105 (± 107)
48	1,7	570 (± 349)
49	0,8	46 (± 77)
68	2,0	15 (± 14)

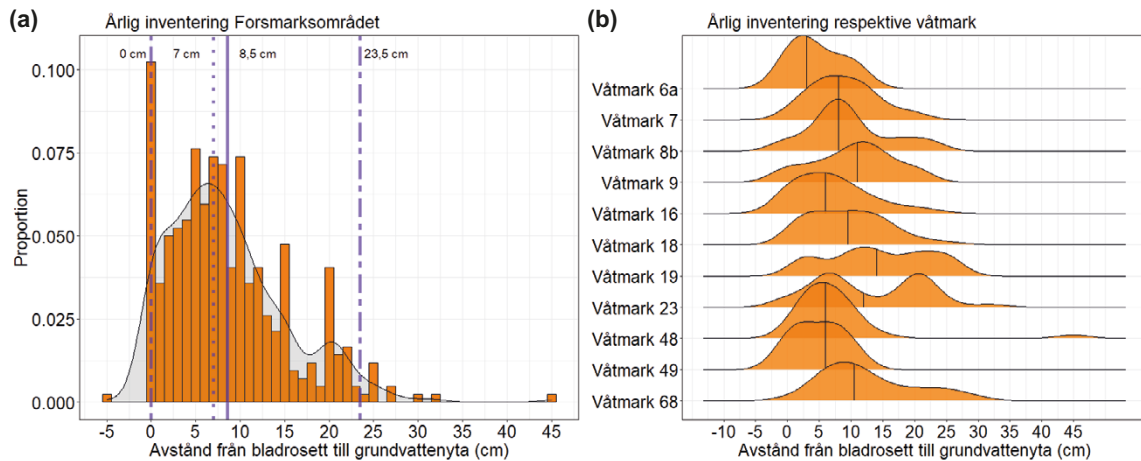


Figur 3-8. Sambandet mellan medelantalet gulyxnefynd per år och höjden för de nio våtmarker inom vilka gulyxne frekvent förekommer. Felstaplar visar ± 1 standardavvikelse (S.D.) för respektive medelvärde.

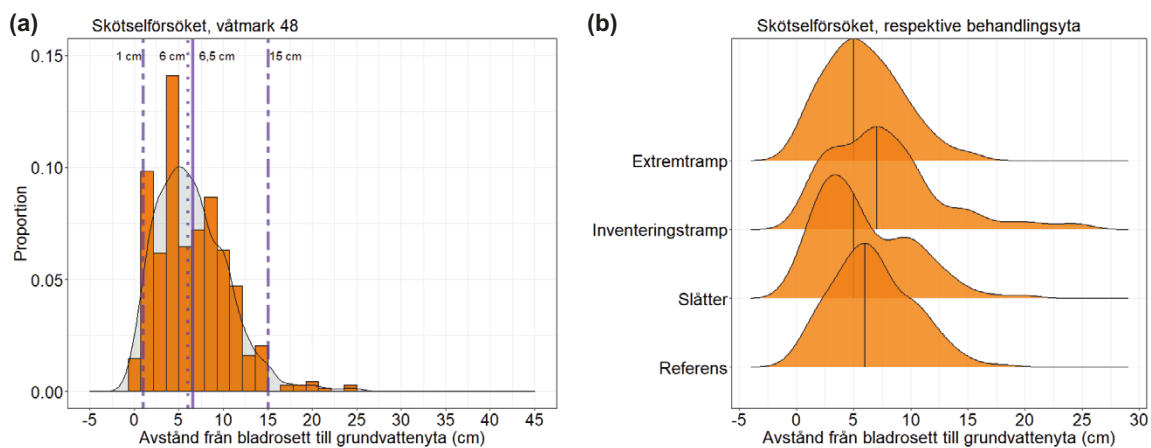
3.3.2 Avstånd mellan gulyxneindivider och grundvattenytan

Av de uppmätta avstånden mellan gulyxneindivider och grundvattenytan vid de årliga inventeringarna av gulyxne i Forsmark har 95 % av dessa varit 0–23,5 cm med ett medianavstånd på 7 cm och ett medelavstånd på 8,5 cm (figur 3-9a). Mellan våtmarker visar fördelningarna av de uppmätta avstånden på vissa skillnader både med avseende på fördelningarnas bredd och medianvärde, då medianvärdet varierar mellan 3 och 14 cm (medelvärdet varierar mellan 4,7 och 14,4 cm) (figur 3-9b). Att fördelningarnas bredd skiljer sig mellan våtmarker antyder att avståndet mellan gulyxnefynd och grundvattenytan varierar mer i vissa våtmarker (t ex i våtmarkerna 7, 8b, 9, 19 och 23) jämfört med andra våtmarker (våtmarkerna 48 och 49) (figur 3-9b).

I området där skötsel försöket sker (våtmark 48) har avstånd mellan marköverytan och underliggande grundvattenyta mätts i ett antal jämt fördelade inventeringsrutor i hela försöksområdet. Dessa data visar att 95 % av de uppmätta avstånden varit 1–15 cm med ett medianavstånd på 6 cm och ett medelavstånd på 6,5 cm (figur 3-10a). Inom de olika skötselytorna i skötsel försöket ses små skillnader då medianvärdet varierar 5–7 cm, medelvärdet 5,9–7,6 cm och fördelningarnas bredd är generellt lika till storlek med undantaget för inventeringstramp där enstaka mätningar visar på ett större avstånd än i övriga ytor (figur 3-10b).



Figur 3-9. Fördelning av uppmätta avstånd mellan gullynefynd och grundvattenytan. Negativa avstånd innebär att en individ står i ytvatten, 0 cm avstånd innebär att individen står i grundvattenytan medan positiva avstånd innebär att gullyneindividen står ovanför grundvattenytan. **(a)** Fördelning för samtliga mätningar som gjorts inom den årliga inventeringen i Forsmarksområdet (inkluderar mätningar vid fynd i våtmark 48 som gjorts utanför skötsel försöksdelarna men exkluderar fynd inom skötsel försöksdelarna i våtmark 48). **(b)** Fördelning för respektive våtmark inom den årliga inventeringen i Forsmarksområdet, för våtmark 48 är fynd utanför skötsel försöksdelarna inkluderade. I **(a)** visar streckade linjer på avståndet som motsvarar den 2,5:e och 97,5:e percentilen, punktlinjen motsvarar medianavståndet och den solida linjen visar på medelavståndet mellan gullynefynd och grundvattenytan. I **(b)** visar den solida linjen medianvärdet för respektive fördelning. Totalt har 376 mätningar gjorts under de årliga inventeringarna. Mätvärdet kring 45 cm i våtmark 48 utanför skötsel försöket är rimligtvis en felmätning men har inkluderats här då detta inte kan säkerställas.



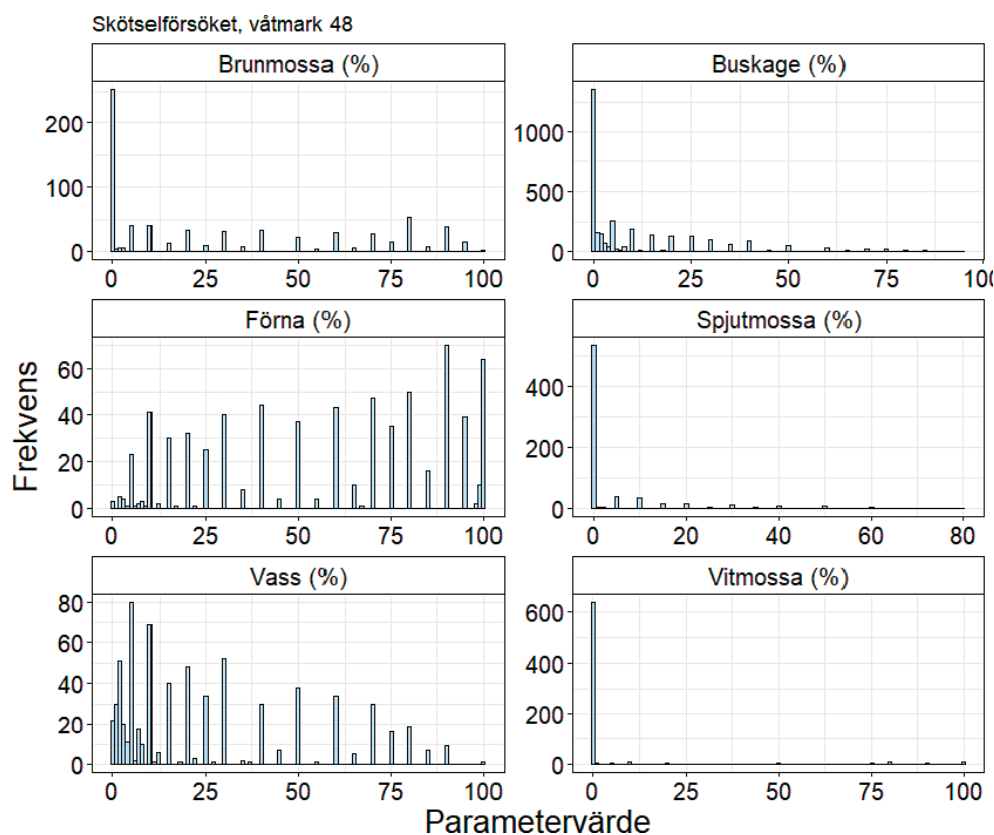
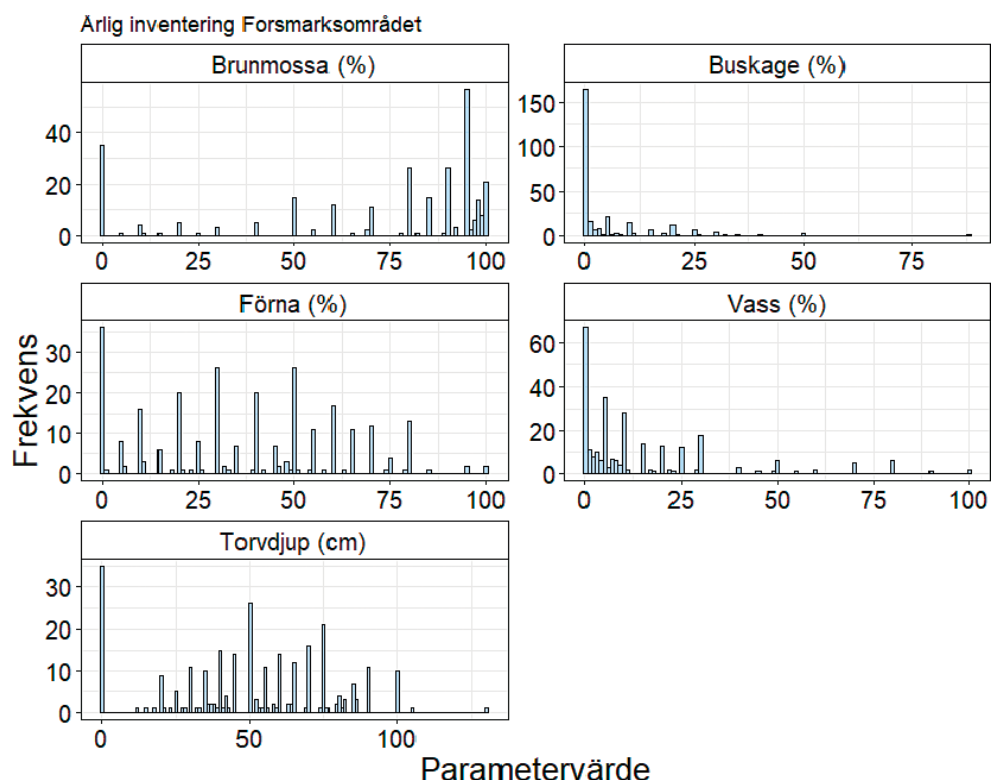
Figur 3-10. **(a)** Fördelning av uppmätt avstånd mellan marköverytan och underliggande grundvattenyta för samtliga mätningar som gjorts inom skötsel försöket i våtmark 48. **(b)** Fördelning för respektive skötselyta inom skötsel försöket i våtmark 48. I **(a)** visar streckade linjer på avståndet som motsvarar den 2,5:e och 97,5:e percentilen, punktlinjen motsvarar medianavståndet och den solida linjen visar på medelavståndet mellan gullynefynd och grundvattenytan. I **(b)** visar den solida linjen medianvärdet för respektive fördelning. Totalt har 467 mätningar gjorts i skötsel försöksområdet i våtmark 48.

3.3.3 Övriga omvärldsp parametrar som registrerats vid gulyxnefynd

Värdena för de omvärldsp parametrar som registreras vid gulyxnefynd under den årliga gulyxneinventeringen i Forsmarksområdet liksom parametrar i inventeringsrutor inom skötsel försöksytan i våtmark 48 summeras i tabell 3-2 och dess fördelningar visas i figur 3-11. Vid gulyxnefynd är det generellt lägre täckningsgrad av buskage, vass och förna jämfört med motsvarande mätningar för skötselområdet i våtmark 48 medan täckningsgraden av brunmossa är högre. Den senare visar på stor variation vid gulyxnefynd vilket även gäller för torvdjupet (tabell 3-2, figur 3-11). Även för täckningsgraden av vit- och spjutmossa är variationen stor. För denna parameter finns inga mätvärden från gulyxnefynd i Forsmarksområdet.

Tabell 3-2. Summering av de omvärldsp parametrar som samlats in vid gulyxnefynd under den årliga gulyxneinventeringen Forsmark samt vid inventeringsrutor i skötsel försöket i våtmark 48. För samtliga parametrar utom torvdjup har den procentuella täckningsgraden registrerats för olika typer av vegetationsskikt separat.

Inventeringstyp	Omvärldsp parameter	Antal mätningar	Medel-värde (± 1 S.D.)	Percentil					Min	Max
				2,5	25	50	75	97,5		
Årlig inventering Forsmarksområdet	Brunmossa (%)	280	70,4 ($\pm 34,1$)	0	50	85	95	100	0	100
Skötsel försök, våtmark 48	Brunmossa (%)	699	30,1 ($\pm 33,6$)	0	0	15	60	95	0	100
Årlig inventering Forsmarksområdet	Buskage (%)	280	5,0 ($\pm 10,1$)	0	0	0	5	30	0	88
Skötsel försök, våtmark 48	Buskage (%)	3165	10,5 ($\pm 17,0$)	0	0	2	15	65	0	95
Årlig inventering Forsmarksområdet	Förna (%)	280	36,8 ($\pm 25,3$)	0	15	37	55	80	0	100
Skötsel försök, våtmark 48	Förna (%)	699	57,3 ($\pm 32,1$)	5	27,5	60	90	100	0	100
Årlig inventering Forsmarksområdet	Vass (%)	280	14,3 ($\pm 19,8$)	0	1	6,5	20	80	0	100
Skötsel försök, våtmark 48	Vass (%)	699	25,7 ($\pm 25,3$)	0	5	15	40	80	0	100
Årlig inventering Forsmarksområdet	Torvdjup (cm)	280	50,0 ($\pm 27,8$)	0	35	50	70	100	0	130
Skötsel försök, våtmark 48	Spjutmossa (%)	699	4,4 ($\pm 11,4$)	0	0	0	0	40	0	80
Skötsel försök, våtmark 48	Vitmossa (%)	699	4,7 ($\pm 18,7$)	0	0	0	0	80	0	100



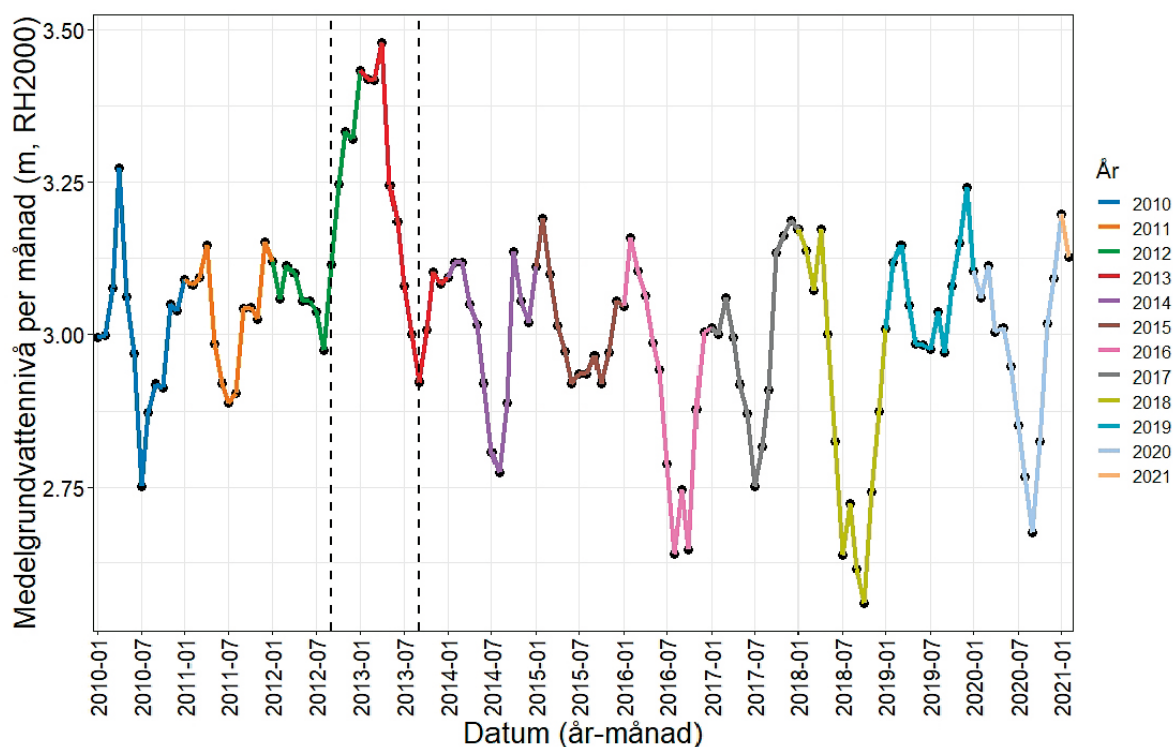
Figur 3-11. Fördelningen av uppmätta omvärldsparetrar (en parameter per panel). Den övre halvan visar mätningar vid gulyxnefynd som gjorts under den årliga inventeringen i Forsmark. Den nedre halvan visar mätvärden i jämnt fördelade inventeringsrutor i skötsel försöksområdet inom våtmark 48. En stapel motsvarar antalet mätpunkter för varje hel procent (0–100 %), förutom torvdjupet där en stapel motsvarar antalet mätpunkter för varje hel cm.

3.4 Fallstudier

3.4.1 Översvämmade våtmarker

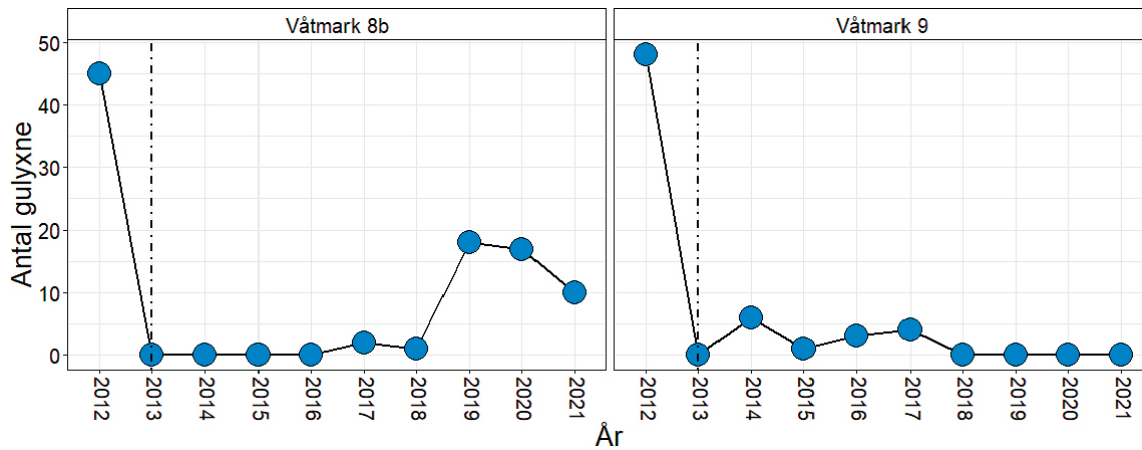
Mätningarna av grundvattennivån i våtmark 9 (grundvattenrör SFM0079) visar den tidsperiod då våtmarken var översvämmad under 2012–2013 (figur 3-12). Enligt den utvärdering som SKB gjorde av översvämningen pågick den från september 2012 till september 2013 (Werner et al. 2013)⁴.

Sommaren innan dessa våtmarker översvämmades, år 2012, observerades i samband med inventeringen på sommaren 45 gulyxneindivider i våtmark 8b och 48 individer i våtmark 9. Efter 2013 är det högsta antalet individer som observerats i våtmark 8b 18 individer, medan 6 individer är det högsta antalet som observerats i våtmark 9 (figur 3-13). Under de år då gulyxne har påträffats i dessa våtmarker har både blommande och icke-blommande (enbladiga och/eller tvåbladiga) individer observerats (med undantag för våtmark 9 år 2015, då endast vegetativa individer observerades) (figur 3-14). Detta tyder på att det har funnits möjlighet för gulyxne att sprida sig både via fröspridning och asexuellt via rotutskott i våtmarkerna åren efter att de översvämmades. Eventuellt har våtmark 8b börjat återhämta sig från översvämningen, alternativt har gulyxne återkoloniserat våtmarken då relativt höga individualantal observerats sedan 2019 (figur 3-13). Dessutom liknar mellanårsvariationen i våtmark 8b under 2019–2021 mellanårsvariationen i andra våtmarker i området (en topp 2018–2019 följt av en nedgång i individtätheter 2020–2021, figur 3-2 och figur 3-4). Våtmark 9 visar inte på någon återhämtning (figur 3-13), då inventeringsresultaten tyder på att de få individer som observerades åren efter översvämningen inte lyckats föröka sig i våtmarken.

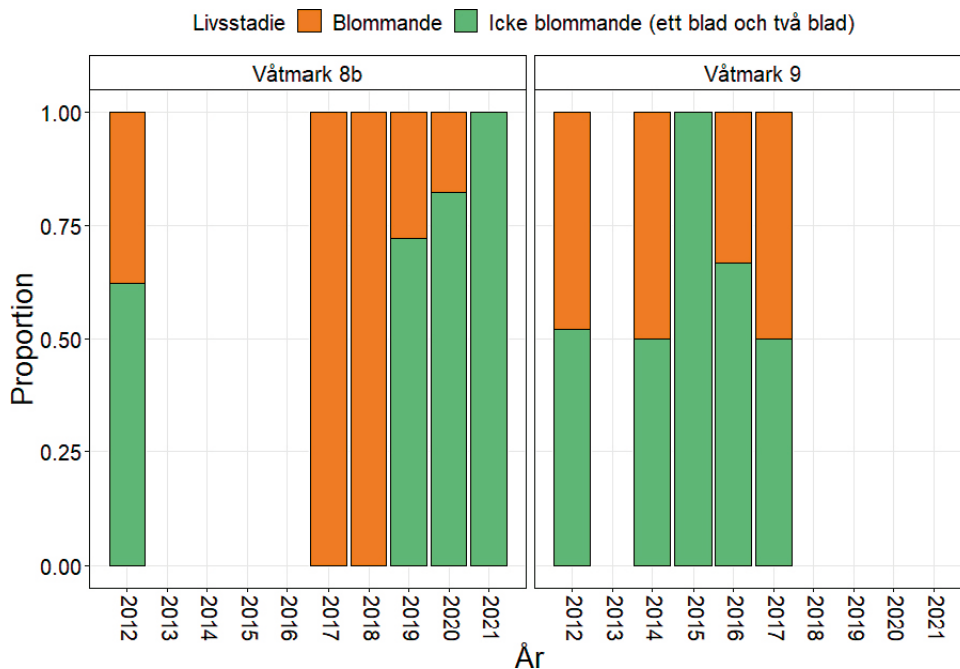


Figur 3-12. Månadsmedelvärden (punkter) för grundvattennivån i våtmark 9 (grundvattenrör SFM0079) under åren 2010–2021. De vertikala streckade linjerna visar när översvämningen startade respektive slutade enligt SKB:s utvärdering av översvämningen (september 2012 – september 2013) (Werner et al. 2013)⁴.

⁴ SKBdoc 1404562 ver 1.0 (internt dokument)



Figur 3-13. Antal gulyxnefynd per år i våtmark 8b och våtmark 9 i Forsmark sedan 2012. De streckade linjerna indikerar året då våtmarkerna inte kunde inventeras på grund av att de var översvämmade. Översvämningen i de två våtmarkerna varade från september 2012 till september 2013 (Werner et al. 2013)⁵.



Figur 3-14. Livsstadiefördelning (proportion) av blommande och vegetativa (enbladiga och tvåbladiga) gulyxneindivider som årligen observerats i våtmark 8b och våtmark 9 i Forsmark under perioden 2012–2021. Saknad stapel indikerar att inga gulyxne hittats.

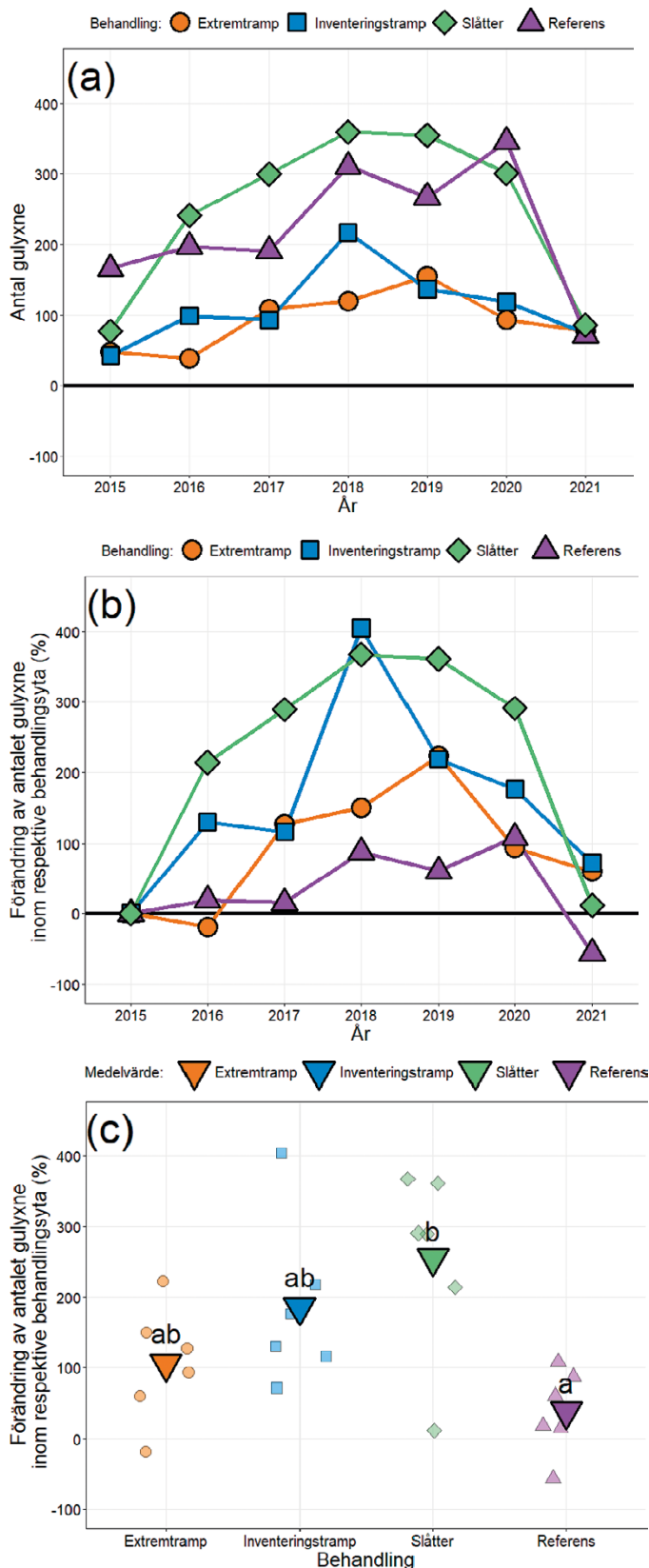
⁵ SKBdoc 1404562 ver 1.0 (internt dokument)

3.4.2 Skötselåtgärder i våtmarker

En utvärdering av skötsel försöket gjordes under 2021 och resultaten från denna antyder att gulyxne varken påverkats positivt eller negativt av de olika skötselåtgärderna som använts i försöket (Nordén et al. 2021). Dock tyder inventeringsresultaten från 2021 års inventering av skötselytor på att det kan finnas en positiv kantzonsseffekt av skötselåtgärderna, då gulyxne förekommer i höga tätheter i referensytornas kanter mot skötselytor relativt individtätheterna i de centrala delarna av referensytorna (Eriksson och Collinder 2021b) (figur 2-1). Vid en jämförelse av den procentuella förändringen av antalet gulyxneindivider i de olika behandlingsytorna från det att experimentet startade 2015, visar gulyxne generellt på större procentuell ökning i de ytor där någon typ av behandling utförts (extremtramp, inventeringstramp och slåtter) jämfört med referensytorna (figur 3-15b, c). Detta bekräftas av resultaten från ANOVA-analysen, där medelvärdet av den procentuella förändringen av gulyxneindivider inom varje behandling testats mot varandra. Analysen visar att behandling har en signifikant effekt på antalet gulyxne ($df_{\text{behandling}} = 3, P = 0,009$). Resultaten från Tukeys Post-Hoc test visar att skötsel i form av slåtter som signifikant skiljer sig från referensytan; den procentuella ökningen mot 2015 har varit större i slåterytor jämfört med referensytorna ($P = 0,008$) (tabell 3-3, figur 3-15c). För resterande kombinationer av behandlingstyper och referensytan förekommer inga signifikanta skillnader med avseende på den procentuella förändringen av gulyxneindivider sedan experimentet startade 2015 ($P > 0,05$ för samtliga kombinationer) (tabell 3-3, figur 3-15c).

Tabell 3-3. Resultat från Tukeys Post-Hoc test anpassade till ANOVA modellen där den procentuella förändringen av gulyxneindivider inom behandlingsytor testats mot varandra. P-värden markerade med * visar på signifikanta skillnader ($P \leq 0,05$) mellan två behandlingstyper. P-värden markerade med ~ visar på en statistisk trend ($0,05 < P \leq 0,10$).

Jämförelse mellan behandlingar	Medelvärdeskillnad, årlig procentuell förändring av antalet gulyxneindivider mot 2015 (%)	P-värde
Inventeringstramp–Extremtramp	80,53	0,534
Slåtter–Extremtramp	149,94	0,084~
Referens–Extremtramp	-66,95	0,673
Slåtter–Inventeringstramp	69,41	0,648
Referens–Inventeringstramp	-147,48	0,091~
Referens–Slåtter	-216,89	0,008*



Figur 3-15. Antalet gulyxne som observerats årligen under skötsel försöket i våtmark 48 för respektive behandlingsyta (extremtramp, inventeringstramp, slätter och referens). **(a)** Totalt antal gulyxne som observerats årligen i de olika behandlingarna. **(b)** Procentuell förändring av antalet gulyxne över tid jämfört med individantalen vid försökets start 2015 för respektive behandling. **(c)** Procentuell förändring av antalet gulyxne över tid för de fyra behandlingarna (punkter), medelvärdet av den procentuella förändringen (nedåtvända trianglar) och resultaten från Tukeys Post-Hoc test (bokstäver vid varje medelvärde). Medelvärden med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P \leq 0,05$) medan medelvärden med samma bokstav inte skiljer sig signifikant ($P > 0,05$).

3.5 Miljövariabler som bidrar till att förklara mellanårsvariation i individtätheter av gulyxne i Forsmark

På regional skala (hela Forsmarksområdet) visar gulyxne på ett positivt samband med kumulativ potentiell evapotranspiration (PET, mm) under maj respektive juli föregående år och för juni innevarande år, samt ett negativt samband med markfuktigheten under juni föregående år (tabell 3-4, figur 3-16). Gulyxne visar också en tendens till negativt samband med kumulativ nederbördsmängd under juni månad föregående år (tabell 3-4, figur 3-16), men inga samband för resterande månader (bilaga 1, tabell B1-1).

På lokal skala (inom enskilda våtmarker) visar gulyxne på återkommande negativa samband med grund- och ytvattennivåer under tillväxtsången föregående år (högt antal gulyxne vid låga grund- respektive ytvattennivåer för våtmarkerna 16, 18 och 23).

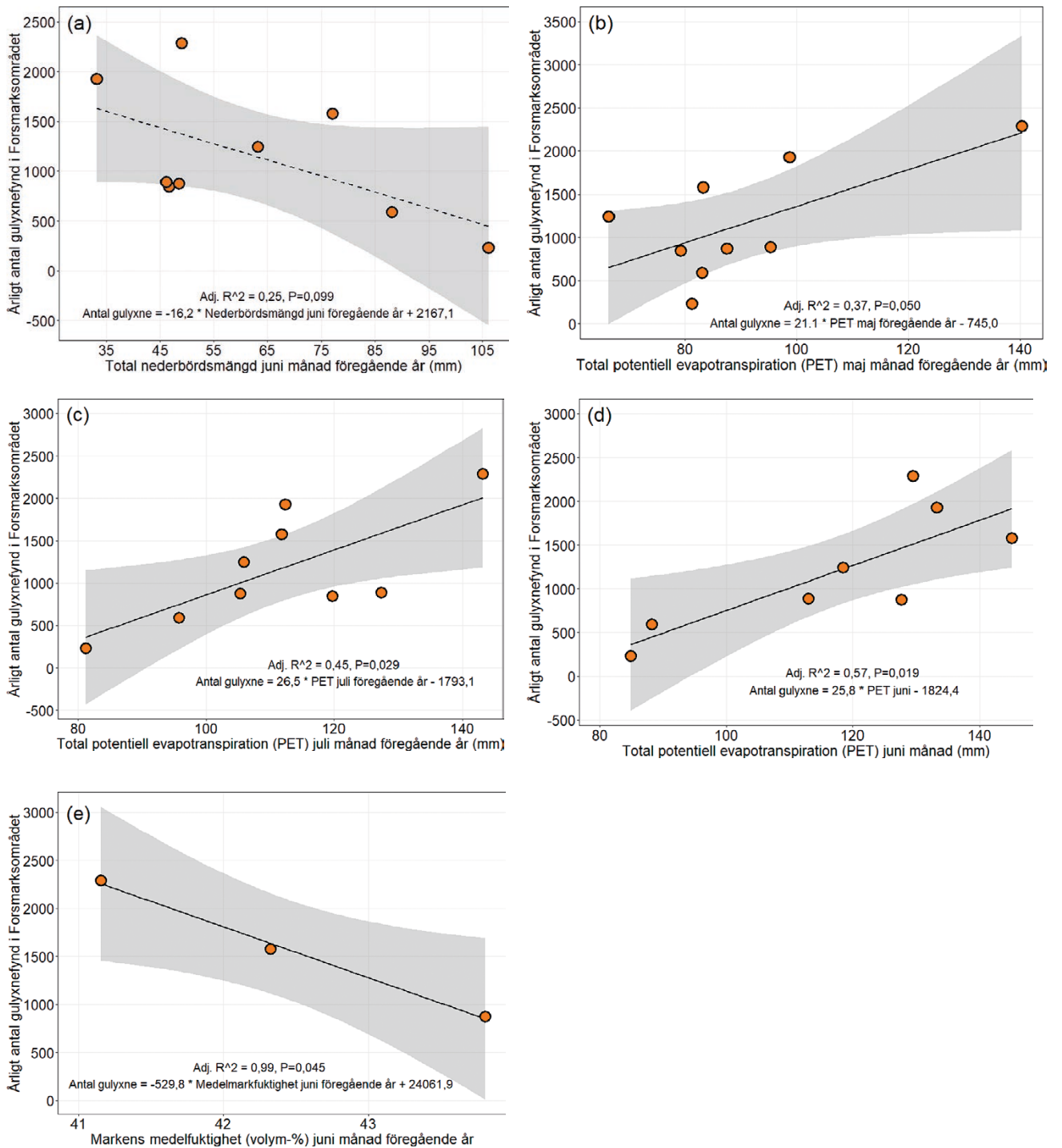
För våtmarkerna 7, 8b, 48 och 49 fanns inga samband mellan gulyxnetätheter och grund- respektive ytvattennivåerna under tillväxtsången föregående år (bilaga 1, tabell B1-1). Förklaringsgraden (korrigerade R²-värdet) för de modeller med högst förklaringsgrad för respektive miljövariabel och rumslig skala där ett signifikant samband finns ($P \leq 0,05$) varierade mellan 0,36 och 0,99 (tabell 3-4).

Tabell 3-4. Miljövariabler som visar på ett statistiskt samband ($P \leq 0,05$, markerade med *) alternativt med tendens till ett statistiskt samband ($0,05 < P \leq 0,10$, markerade med ~) med gulyxnetätheterna i Forsmark enligt antingen hypotes 1 (de hydrologiska förhållanden under föregående års tillväxtsång styr gulyxnetätheterna) eller hypotes 2 (de hydrologiska förhållanden under innevarande års tillväxtsång styr gulyxnetätheter). Beroende på vad som är lämpligast för respektive miljövariabel har analyserna antingen utförts på regional skala (hela Forsmarksområdet) eller på lokal skala (enskilda våtmarker). Det korrigerade R²-värdet (Adj. R²) visar miljövariabelns förklaringsgrad avseende variationen av gulyxnetätheten över tid.

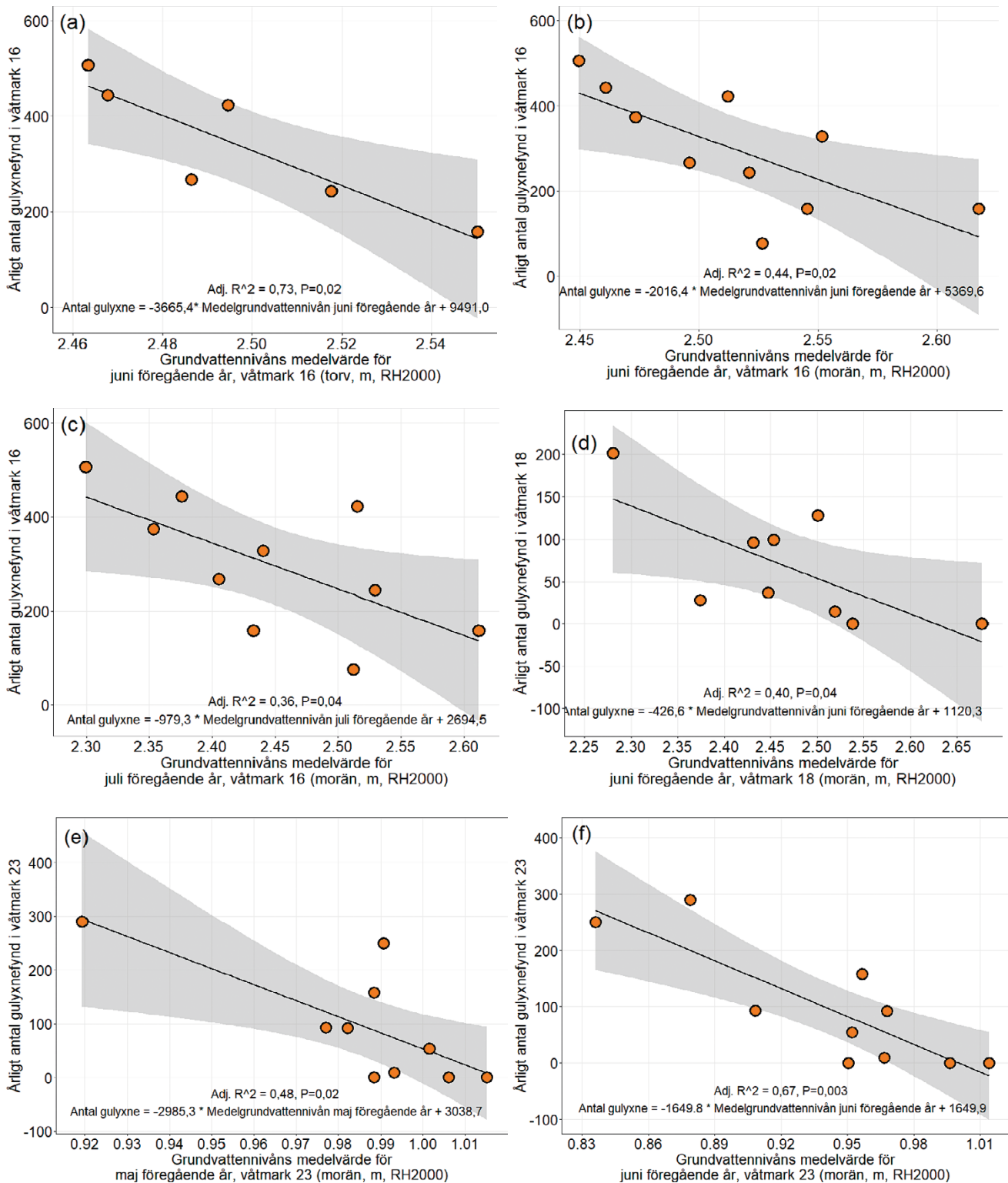
Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	Antal år med data	Adj. R ²	P	Figur
1	Forsmark	Nederbörd (mm)	Kumulativ nederbördsmängd under juni föregående år	Nederbörd: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,246	0,099~	3-16a
1	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Kumulativ PET under maj föregående år	PET: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,365	0,050*	3-16b
1	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Kumulativ PET för juli föregående år	PET: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,449	0,028*	3-16c
2	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Kumulativ PET för juni innevarande år	PET: 2013–2014, 2016–2021 Gulyxne: 2013–2014, 2016–2021	0,570	0,019*	3-16d
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juni föregående år, sensor 1 i närområdet av våtmark 16	Markfuktighet: 2018–2020 Gulyxne: 2019–2021	0,999	0,045*	3-16e
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	0,725	0,020*	3-17a
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,443	0,021*	3-17b
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,359	0,040*	3-17c

Tabell 3-4. Fortsättning.

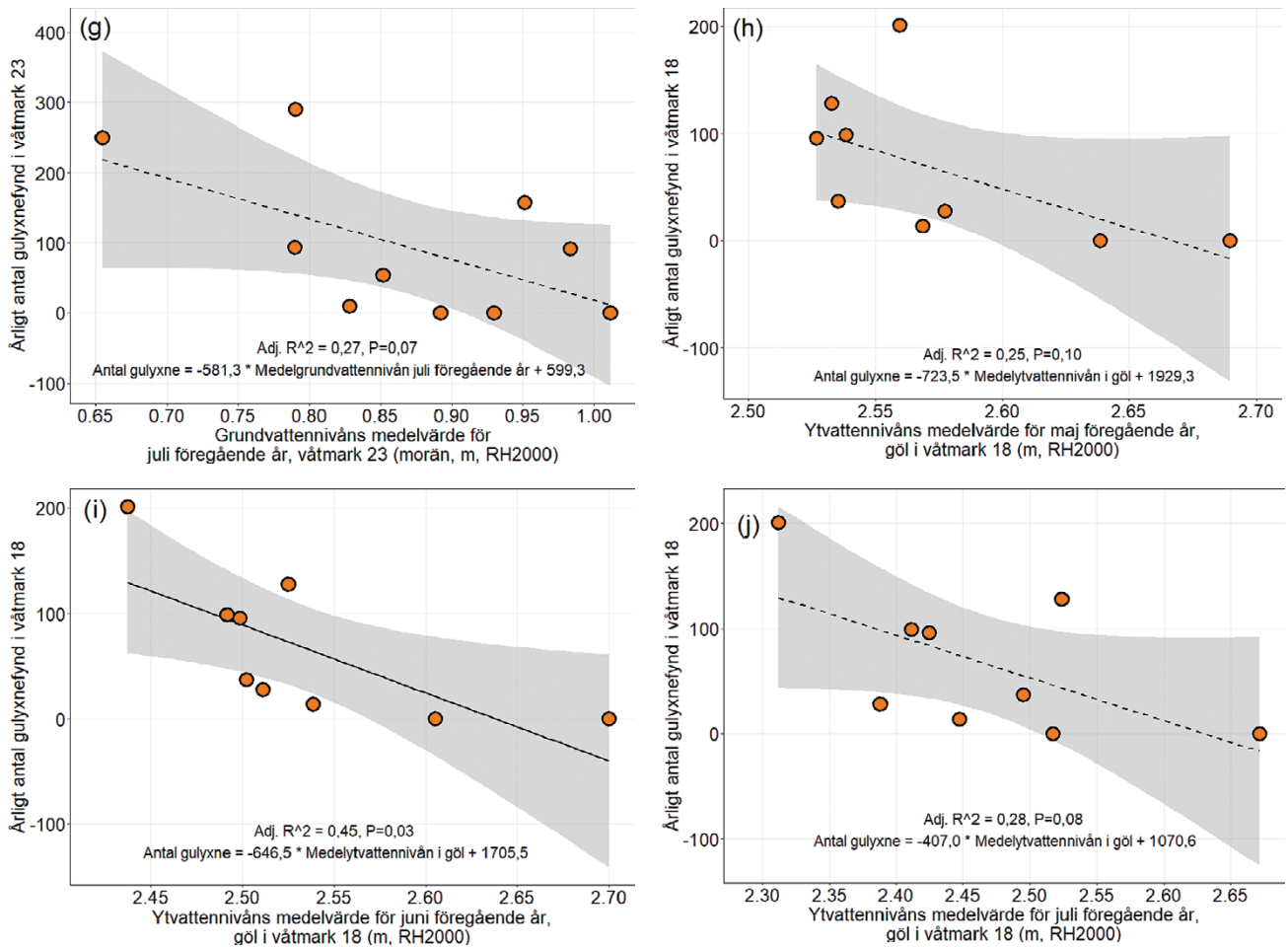
Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	Antal år med data	Adj. R ²	P	Figur
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2019 Gulyxne: 2013–2020	0,396	0,041*	3-17d
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 23	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,475	0,016*	3-17e
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 23	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,658	0,003*	3-17f
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän (m, RH2000)	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 23	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,265	0,074 ⁻	3-17g
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst (m, RH2000)	Ytvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,246	0,100 ⁻	3-17h
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst (m, RH2000)	Ytvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,445	0,029*	3-17i
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst (m, RH2000)	Ytvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,277	0,084 ⁻	3-17j



Figur 3-16. Anpassade linjära regressionsmodeller för de miljövariabler som visar på antingen ett statistiskt samband ($P \leq 0,05$, heldragna regressionslinjer) alternativt med tendens till statistiskt samband ($0,05 < P \leq 0,10$, streckade regressionslinjer) med det totala antalet gulyxnefynd i Forsmark per år. Gråmarkerade områden redovisar konfidensintervallet för de anpassade regressionsmodellerna.



Figur 3-17. Anpassade linjära regressionsmodeller för de miljövariabler som visar på antingen ett statistiskt samband ($P \leq 0,05$, heldragna regressionslinjer) alternativt med tendens till statistiskt samband ($0,05 < P \leq 0,10$, streckade regressionslinjer) med antalet gulyxnefynd i specifika våtmarker per år. Gråmarkerade områden redovisar konfidensintervallet för de anpassade regressionsmodellerna.



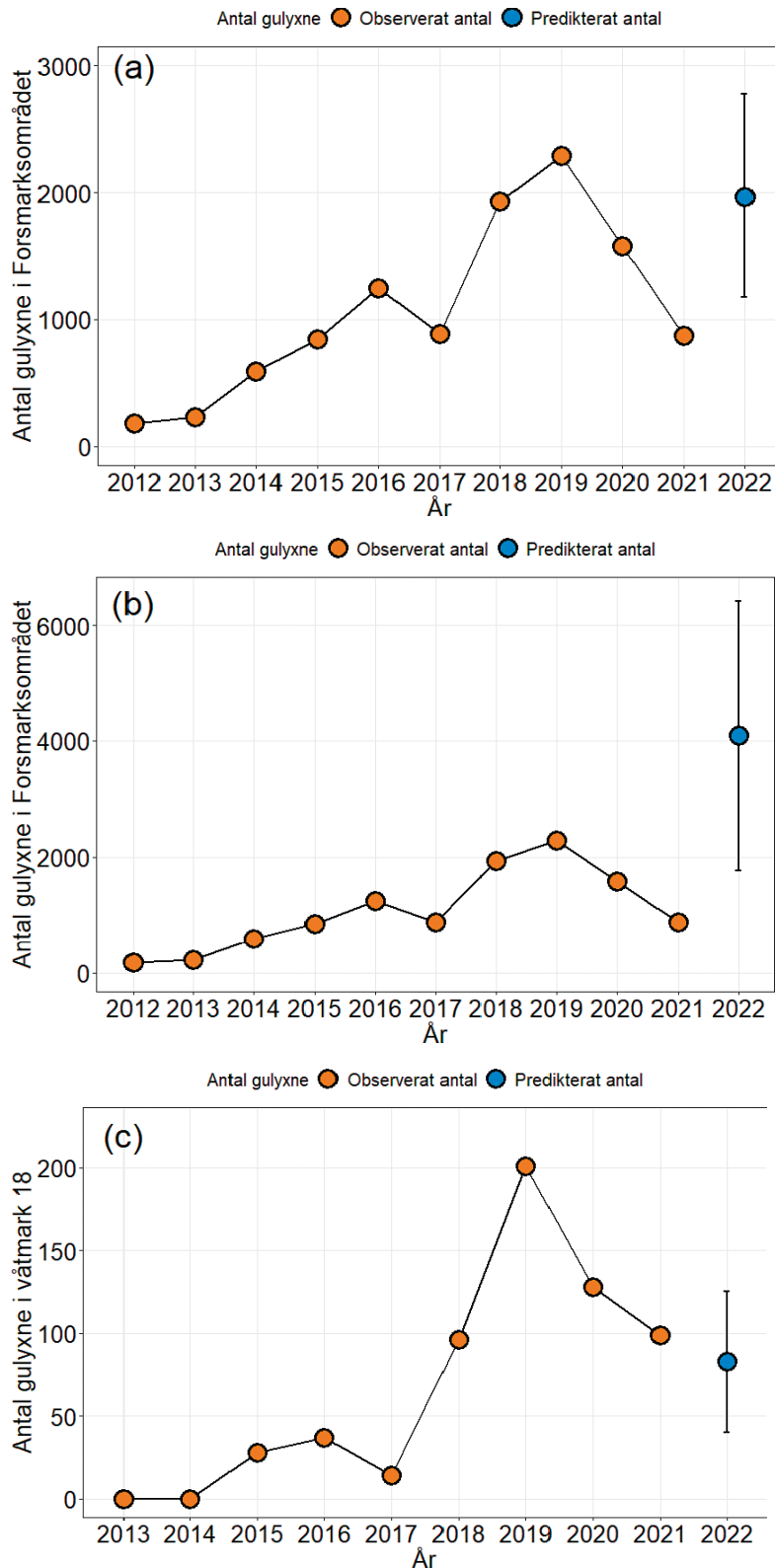
Figur 3-17 fortsättning. Anpassade linjära regressionsmodeller för de miljövariabler som visar på antingen ett statistiskt samband ($P \leq 0,05$, heldragna regressionslinjer) alternativt med tendens till statistiskt samband ($0,05 < P \leq 0,10$, streckade regressionslinjer) med antalet gulyxnefynd i specifika våtmarker per år. Gråmarkerade områden redovisar konfidensintervallet för de anpassade regressionsmodellerna.

De modeller som stödjer hypotes 1 med högst förklaringsgrad per miljövariabel och rumslig skala (hela Forsmark eller enskilda våtmarker) har använts för att prediktera antalet gulyxnefynd för 2022 (tabell 3-5, bilaga 1, figur B1-1, B1-2, B1-3, B1-4, B1-5, B1-6 och B1-7). Baserat på den framräknade potentiella evapotranspirationen under juni månad 2021 predikterades det totala antalet gulyxnefynd i Forsmark för 2022 till 1 976 individer med ett konfidensintervall på 1 176–2 775 individer (tabell 3-5, figur 3-18a). Prediktionen är i samma storleksordning som antalet gulyxnefynd 2018 i hela Forsmarksområdet och konfidensintervallet överlappar med antalet gulyxnefynd som gjordes 2016 och 2018–2020 (figur 3-18a). Baserat på markfuktigheten under juni månad 2021 predikterades det totala antalet gulyxnefynd i Forsmark för 2022 till 4 087 individer med ett konfidensintervall på 1 768–6 406 individer (tabell 3-5). Denna prediktion är betydligt högre än antalet gulyxnefynd som gjorts tidigare år i Forsmark. Prediktionens konfidensintervall är stort men överlappar med antalet fynd som gjordes i Forsmark 2018–2019 (figur 3-18b). Anledningen till att prediktionen som baseras på markfuktigheten har ett så stort konfidensintervall beror på att förklaringsmodellen är anpassad med data från endast tre år (figur 3-16e, bilaga 1, figur B1-4), vilket leder till hög prediktionsosäkerhet.

På en lokal skala finns data tillgängliga för att prediktera antalet gulyxnefynd i våtmark 18. Baserat på medelytvattennivån under juni månad 2021 för gölen som ligger inom våtmark 18 predikteras för våtmark 18 antalet gulyxneindivider år 2022 till 83 individer, med ett konfidensintervall på 40–125 individer (tabell 3-5). Prediktionen 83 individer ligger nära antalet gulyxnefynd som gjordes i våtmarken år 2018 (96) och konfidensintervallet ligger inom de årliga antalet fynd som gjordes i våtmarken 2018 och 2021 (figur 3-18c). Konfidensintervallet är dock endast ett fåtal individer ifrån antalet fynd som gjordes 2016 (37) och 2020 (128).

Tabell 3-5. De linjära regressionsmodeller som styrker hypotes 1 med högst förklaringsgrad per miljövariabel och rumslig skala som har använts för att prediktera antalet gulyxnefynd för 2022. Prediktioner har gjorts med de modeller där data för 2021 fanns tillgängliga vid datauttaget från SICADA (bilaga 1, figur B1-1, B1-2, B1-3, B1-4, B1-5, B1-6 och B1-7). Skattningsosäkerhet redovisas med skattningskonfidensintervall (95 %), som påverkas av modellens förklaringsgrad och antal frihetsgrader (antal år med data). Värden markerade med fet stil i kolumnen "Anpassad modell" visar värdet för respektive variabel år 2021.

Rumslig skala	Miljövariabel	Anpassad modell ($y = k \cdot x + m$)	Modellens förklaringsgrad (Adj. R^2)	Predikerat antal gulyxne 2022 (95 % konfidensintervall)
Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm) juli föregående år	26,5 · 142 – 1 793,1	0,45	1 976 (1 176–2 775)
Forsmark	Markfuktighet (volym-%) juni föregående år	–529,8 · 37,7 + 24 061,9	0,99	4 087 (1 768–6 406)
Våtmark	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år i torv, våtmark 16	–3 665,4 · (Data inte tillgängliga) + 9 491,0	0,73	-
Våtmark	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år i morän, våtmark 16	–2 016,4 · (Data inte tillgängliga) + 5 369,6	0,44	-
Våtmark	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år i morän, våtmark 18	–426,6 · (Data inte tillgängliga) + 1 120,3	0,40	-
Våtmark	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år i morän, våtmark 23	–1 649,8 · (Data inte tillgängliga) + 1 649,9	0,67	-
Våtmark	Ytvattennivåns medelvärde för juni månad föregående år för göl i våtmark 18	–646,5 · 2,51 + 1 705,5	0,45	83 (40–125)



Figur 3-18. Antal observerade gulyxne i Forsmark under de årliga inventeringarna 2013–2021 (orange punkter) och predikterat antal gulyxnefynd för år 2022 (blå punkt). Prediktionerna är baserade på de linjära regressionsmodeller för respektive miljövariabel som visar på ett signifikant samband ($P \leq 0,05$) med gulyxnetätheter med högst förklaringsgrad för vilka data från 2021 finns tillgängliga (tabell 3-3). **(a)** Prediktion av antalet gulyxneindivider i hela Forsmarksområdet 2022 baserat på kumulativ PET (mm) under juni månad föregående år. **(b)** Prediktion för antalet gulyxneindivider i hela Forsmarksområdet 2022 baserat på medelmarkfuktigheten under juni månad föregående år (2021). **(c)** Prediktion för antalet gulyxnefynd 2022 i våtmark 18 baserat på medelytvattennivån för juni månad föregående år i den göl som ligger i våtmark 18. Felstaplar visar på skattningarnas konfidensintervall (95 %).

4 Diskussion

Gulyxnepopulationen i Forsmarksområdet visar på stor mellanårsvariation med avseende på individtätheter. Det årliga antalet gulyxnefynd har varierat mellan 232 och 2 289 individer under perioden 2013–2021 i de våtmarker som inventerats. Den stora majoriteten av de årliga gulyxnefynden har gjorts i två våtmarker i Forsmarksområdet, våtmark 16 och våtmark 48. Den rumsliga utbredningen visar dock på liten mellanårsvariation då gulyxne generellt återfunnits i samma nio våtmarker över tid (våtmarkerna 6a, 7, 16, 18, 19, 23, 48, 49, 68). För den stora majoriteten av dessa nio våtmarker observerades höga individtätheter av gulyxne under åren 2018–2019. Denna toppnotering har sedan följts av en nedgång i flera av dem. I några av de nio våtmarkerna har tätheterna istället varit stabila eller fortsatt att öka efter 2018–2019. Dessa mönster indikerar att vissa våtmarker sinsemellan är mer lika än andra med avseende på hur individtätheterna av gulyxne varierar över tid. Detta styrks av korrelationsanalysen mellan våtmarker i Forsmark, som visar att vissa våtmarkspar samvarierar i hög grad gällande individtäthet medan andra visar en lägre grad av samvariation. Gemensamt tyder detta på att variationerna i gulyxnetätheterna inom våtmarker i Forsmarksområdet inte enbart styrs av vädret utan även av förhållandena i de enskilda våtmarkerna.

Resultaten från analyserna där olika miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark testats mot gulyxnefynd både på regional (hela Forsmarksområdet) och lokal skala (enskilda våtmarker) styrker ovanstående då både regionala miljövariabler (PET samt markfuktighet) och lokala miljövariabler (grundvattennivåer och ytvattennivåer i och intill våtmarker) uppvisar samband i vissa men inte i alla våtmarker enligt hypotes 1 (gulyxnetätheterna styrs av hydrologiska förhållanden under tillväxtperioden föregående år, och gynnas specifikt av torra föregående år). Dessa resultat indikerar att gulyxneantalet i Forsmark ökar året efter ett torrt år och minskar året efter ett blött år. Enligt de samband som identifierats i denna sammanställning och för vilka data från 2021 finns tillgängliga predikteras gulyxnetätheten för 2022 i Forsmark att ligga inom intervallet av antalet gulyxnefynd som gjordes 2016 och 2018–2020 (1 245–2 289 individer) och att antalet kommer ligga nära antalet fynd som gjordes 2018 (1 929 individer).

Att gulyxne uppvisar stor naturlig mellanårsvariation med avseende på individtätheter är inte unikt för gulyxnepopulationen i Forsmark. Liknande mönster har observerats för populationer i Europa (Jones 1998, Wheeler et al. 1998) och i Nordamerika (McMaster 2021). Trots att gulyxne i Forsmark uppvisat stor variation med avseende på individtätheter under perioden 2013–2021, har antalet lokaler där gulyxne observerats visat på liten mellanårsvariation, speciellt under perioden 2016–2021. Detta tyder på att samtliga gulyxnelokaler som finns i Forsmarksområdet har hittats efter flera års inventeringar. Att gulyxne uppvisar låg variation i sin rumsliga utbredning i Forsmark över tid är ganska förvånande, då gulyxne förekommer i både unga och äldre våtmarker utspridda i hela Forsmarksområdet (våtmarkernas ålder är baserat på deras höjd över havet), och då det relativt nära dessa våtmarker finns en eller flera andra våtmarker där gulyxne borde trivas men inte observerats. Dessutom har blommande individer observerats under samtliga inventeringsår, vilket innebär att fröspridning mellan våtmarker har varit möjlig under perioden 2013–2021. Orsaken till att gulyxne inte etablerat sig i fler våtmarker i Forsmark kan vara att de våtmarker som till synes verkar lämpliga för gulyxne inte är det, på grund av exempelvis ogynnsamma hydrologiska förhållanden (exempelvis för stor variation i grund- alternativt ytvattennivån), konkurrens med andra arter, predation från snäckor och sniglar (Sundberg 2006) alternativt att den svamp (protokrom) som gulyxne interagerar med för att påbörja groningen (Mvricka 1990, Rolfmeier 2007) inte förekommer i dessa våtmarker.

Gällande gulyxnepopulationens habitatpreferenser i Forsmark så föredrar arten platser med låg täckningsgrad av vass och buskar samt hög täckningsgrad av brunmossa. Den verkar relativt opåverkad av tjockleken på torvlagret i våtmarkerna den växer i. Enligt inventeringarna som gjorts under juli månad har gulyxneindivider återfunnits på platser i våtmarker där avståndet från individens bladrosett ned till grundvattenytan i samband med inventeringarna varit 0–23,5 cm. Gulyxne har dock oftast hittats på platser där avståndet ned till grundvattenytan vid inventeringarna varit 6–8,5 cm. Det finns en viss variation mellan våtmarker med avseende på hur variabelt avståndet mellan gulyxneindivider och grundvattenytan är, vilket indikerar att grundvattenytans variation är olika stor i de olika våtmarkerna där gulyxne förekommer. Detta styrks av grundnivåmätningarna från olika våtmarker i området som visar på olika stor mellanårsvariation i grundvattennivåer.

Att gulyxne återfinns på platser där täckningsgraden av vass och buskar är låg är inte förvånande, då slåtter och andra typer av åtgärder som motverkar igenväxning av våtmarker generellt anses gynna arten (Sundberg 2006, Tyler et al. 2021). Detta styrks av resultaten från skötsel försöket i våtmark 48, och som visar att slåtter har en positiv effekt på gulyxne då ökningen av antalet individer är större i ytor där slåtter utförts jämfört med ökningen i referensytor som lämnats orörda. Framöver kommer även inventeringsdata från våtmarkerna 23 och 68 (där slåtter utförts sedan 2018 respektive 2021 (figur 1-2 och figur 4-1)) kunna användas för att undersöka om gulyxne gynnas av att täckningsgraden av vass och buskar minskar i dessa våtmarker. Att arten mycket sällan återfinns vid platser där det finns mycket vitmossa är inte förvånande, då vitmossa skapar och föredrar sura miljöer, där gulyxne inte förekommer (Lönnell och Hallingbäck 2019, Sundberg 2020). Täckningsgraden av brunmossa var relativt stor vid gulyxnefynd men visar på stor variation. Detta indikerar att gulyxne kan samexistera med brunmossa utan att gulyxne konkurreras bort och att de föredrar samma typ av miljöer inom våtmarker.

Erfarenheterna från våtmark 8b, som var översvämmad under perioden september 2012 – september 2013, visar att det kan bli för blött för gulyxne inom våtmarker och att det kan ta upp till fem år för gulyxne att återhämta sig efter en kraftig hydrologisk störning. Erfarenheterna från närliggande våtmark 9 tyder dock på att en återhämtning kan ta längre tid (mer än 8 år) och att gulyxne kan ha svårt att återkolonisera tidigare lämpliga lokaler efter arten har försvunnit efter en habitatstörning. Den årliga gulyxneinventeringen i våtmarkerna 8b och 9 bör fortsätta för att framöver möjliggöra fortsatt uppföljning av gulyxnetätheter i dess två våtmarker. Syftet är då att öka förståelsen kring artens förmåga att återhämta sig alternativt återkolonisera tidigare lokaler efter kraftiga störningar, vilket i detta fall innebar att livsmiljön var för blöt under nästan ett helt kalenderår.



Figur 4-1. Bilder från våtmark 23 (vänstra bilden) och våtmark 68 (högra bilden) efter genomförd slåtter.

Analyserna gällande huruvida mellanårsvariationen av gulyxnetätheter i Forsmark kan förklaras av olika miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark enligt hypotes 1 och 2 visar på flera intressanta resultat. Av de 12 statistiska samband som identifierats mellan miljövariabler och gulyxnetätheter i Forsmark styrker 11 av dessa hypotes 1 (gulyxnetätheterna styrs av hydrologiska förhållanden under tillväxtperioden föregående år, och gynnas specifikt av torra föregående år). Hypotes 2 (gulyxnetätheterna styrs av de hydrologiska förhållandena under tillväxtperioden innevarande år) styrks av ett samband, då antalet gulyxne visade på ett positivt samband med PET för juni månad innevarande år. För samtliga miljövariabler där ett samband med gulyxne identifierats för en eller flera månader var förklaringsgraden högst för juni månad, förutom för kumulativ PET under juni föregående år. Att PET föregående år inte visar på samma resultat gällande vilken månad som förklaringsgraden var högst, kan bero på att data för juni månad i den aktuella studien saknas för 2015, varför denna analys innefattar data för ett år mindre än de för maj och juli för vilka data finns från år 2015. För de samband som identifierats mellan gulyxne och yt- samt grundvattennivåer inom våtmarker var samtliga negativa. Detta visar att antalet gulyxneindivider inom våtmarker ökar året efter ett torrt år och minskar året efter ett blött år. Att gulyxne visar på höga individtätheter året efter ett torrt år sammanfaller med erfarenheter från andra platser (Oostermeijer och Hartman 2014). Dock borde det vara just variationen mellan blöta och torra år som är mest gynnsamt för gulyxne över tid, eftersom flera efterföljande torra år förmodligen skulle gynna vass och buskvegetation inom våtmarker, vilket i sin tur skulle missgynna gulyxne.

Ur ett skötselperspektiv kan flera av resultaten från denna sammanställning och utvärdering omsättas i praktiken. Av de nio våtmarker inom vilka gulyxne frekvent förekommer är tre (våtmarkerna 48, 49 och 68) belägna utanför det modellberäknade påverkansområdet för grundvattenavsänkning kopplat till uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret (figur 1-2). I våtmarkerna 48 och 68 utförs idag slätter som en åtgärd för att gynna gulyxne, vilket är lämpligt eftersom dessa lokaler med stor sannolikhet inte kommer att påverkas av SKB:s planerade verksamhet i området och därför kommer att vara viktiga ur ett meta-populationsperspektiv. I SKB:s skötselplan för rikkärr i området (Allmér 2022)⁶ nämns våtmark 49 som en av flera våtmarker i området där det också kan vara lämpligt att utföra slätter för att gynna det lokala gulyxnebeståndet.

Av resterande sex våtmarker där gulyxne frekvent förekommer, och som är belägna inom det modellberäknade påverkansområdet, kan vattentillförsel bli aktuellt i tre (våtmarkerna 7, 16, 18) i syfte att motverka en eventuell grundvattenavsänkning. Då gulyxnetätheterna i våtmarkerna 16 och 18 visar på negativa samband med grundvattennivåerna i dessa våtmarker är det viktigt att vattentillförsel inte leder till för blöta respektive för torra förhållanden (det vill säga att grundvattennivåerna överstiger eller understiger de naturliga nivåerna för respektive våtmark (figur B1-5, B1-6 och B1-7). Att avgöra vilka vattenflöden som kommer att behöva tillföras för att bibehålla naturliga vattennivåer inom respektive våtmark för att säkerställa att det förblir lämpliga som habitat för gulyxne är inte helt enkelt. Enligt det pilotförsök som gjorts är det dock fullt möjligt att snabbt påverka vattennivåerna baserat på mängden vatten som tillsätts (Werner et al. 2014). Utöver detta så tyder resultaten från sammanställningen även på att enstaka torra år inte utgör någon omedelbar, direkt fara för gulyxnepopulationen i Forsmark (snarare så verkar gulyxne gynnas av torrare perioder), vilket är en viktig aspekt att ta i beaktning vid planeringen av när i tid vattentillförsel ska ske vid en eventuell avsänkning i området till följd av SKB:s verksamhet.

Att miljövariabler på olika rumsliga och temporala skalor kan ha interaktiva effekter på ekologiska processer och således påverka populationers spatials och temporala utveckling fick under 2010-talet stor uppmärksamhet inom terrester- och akvatisk ekologi (Soranno et al. 2014, Donadi et al. 2017, Tingley et al. 2018). Givet att inte alla våtmarker visar på liknande trender över tid med avseende på gulyxnetätheter och att det finns starka samband mellan gulyxne och miljövariabler i vissa våtmarker, men inte i alla, tyder resultaten från denna studie på att ingen enskild miljövariabel helt styr gulyxnepopulationens generella utveckling över tid i Forsmark. Istället visar resultaten att det snarare är en kombination av lokala, våtmarksspecifika förhållanden (grundvattennivåskillnader) och regionala förutsättningar (avdunstning och markfuktighet) som styr hur gulyxnepopulationens storlek varierar över tid i Forsmark. För att öka förståelsen kring vad som styr gulyxnepopulationens storlek i Forsmark över tid skulle därför olika kombinationer av miljövariabler kunna testas mot våtmarksspecifika trender över tid. Detta skulle kunna göras antingen med multivariata modeller såsom exempelvis multipla regressionsmodeller, där interaktioner mellan miljövariabler kan testas mot gulyxnetätheter, alternativt med mixed-effekt-modeller, för att ta hänsyn till skillnader mellan våtmarker inom en och

⁶ SKBdoc 1968883 ver 1.0 (internt dokument)

samma modell. Denna typ av modeller kräver dock relativt stora datamängder, varför det är viktigt att de miljövariabler som identifierats i denna studie fortsätter att samlas in. Ett exempel på en sådan variabel är markfuktighet som, baserat på de tre år med data som finns, visar på ett starkt samband med gulyxne.

Trots att resultaten från denna studie tyder på att det är interaktiva effekter av flera miljövariabler som styr gulyxnetätheterna i Forsmark, har ett försök till att prediktera antalet gulyxnefynd för 2022 gjorts baserat på de samband som identifierats mellan gulyxne och enskilda miljövariabler. Dessa prediktioner bör kompletteras med prediktioner baserat på uppmätta grundvattennivåer under sommarmånaderna 2021 när data från dessa mätningar blir tillgängliga (tabell 3-5). Efter det att gulyxne inventerats under 2022 (vilket sker kring månadsskiftet juni–juli) kan dessa prediktioner utvärderas och förhoppningsvis leda till att en eller flera prediktionsmodeller kan tas fram som kan prediktera gulyxnepopulations storlek i Forsmarkområdet nästkommande år med en acceptabel felmarginal. Utöver detta skulle även en PCA-analys kunna utföras för att undersöka likheter och olikheter mellan våtmarker baserat på deras hydrologi och vilket avrinningsområde de tillhör för att se om våtmarkerna grupperar sig enligt hur de korrelerar med varandra (figur 3-7).

Referenser

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

Artdatabanken 2020. Rödlistade arter i Sverige 2020. Uppsala: SLU. Tillgänglig: <https://www.arterdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/31.-rodlista-2020/rodlista-2020> [11 Februari 2022].

Collinder P, 2013. Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2012. Monitering Forsmark. SKB P-13-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.

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

Collinder P, 2015. Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2014. SKB P-15-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Collinder P, Zachariassen E, 2016. Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2015. SKB P-16-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Donadi S, Austin Å N, Bergström U, Eriksson B K, Hansen J P, Jacobson P, Sundblad G, van Regteren M, Eklöf J S, 2017. A cross-scale trophic cascade from large predatory fish to algae in coastal ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284, 20170045. doi:10.1098/rspb.2017.0045

Eriksson Å, Collinder P, 2021a. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2020. SKB P-20-27, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson Å, Collinder P, 2021b. Uppföljning av skötselåtgärder i rikkärr och dess påverkan på gulyxne, Forsmark 2021. SKB P-21-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Holmberg E, 2021. Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmarksområdet 2021. SKB P-21-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Holmgren A, Lundkvist S, Kjsetselberg J, 2020. Inventering av gulyxne i Forsmark 2020. SKB P-20-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Holmgren A, Lundkvist S, Hellkvist E, Kjsetselberg J, 2021. Inventering av gulyxne i Forsmark 2021. SKB P-21-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Jacobson P, 2021. Populationsutveckling för gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2012–2020. En sammanställning av SKB:s inventeringar av gölgroda och större vattensalamander samt naturvårdsåtgärder i Forsmarksområdet. SKB R-21-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Jones P S, 1998. Aspects of the population biology of *Liparis loeselii* (L.) Rich. var. *ovata* Ridd. ex Godfery.

(Orchidaceae) in the dune slacks of South Wales, UK. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126, 123–139.

Jonsell B, Jonsell L, 1995. Floran i Hållnäs socken. *Svensk botanisk tidskrift* 79, 257–312.

Larsson-McCann S, Morosini M, 2022. SKB MD 364.007 Metodbeskrivning för meteorologiska mätningar. SKBdoc 1230439 ver 3.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Lif M, Kjsetselberg J, 2019. Inventering av gulyxne i Forsmark 2019. SKB P-19-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Löf A, Sallmén N, 2017. Inventering av gulyxne i Forsmark 2017. SKB P-17-34, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Löf A, Lif M, Kjsetselberg J, 2018. Inventering av gulyxne i Forsmark 2018. SKB P-18-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

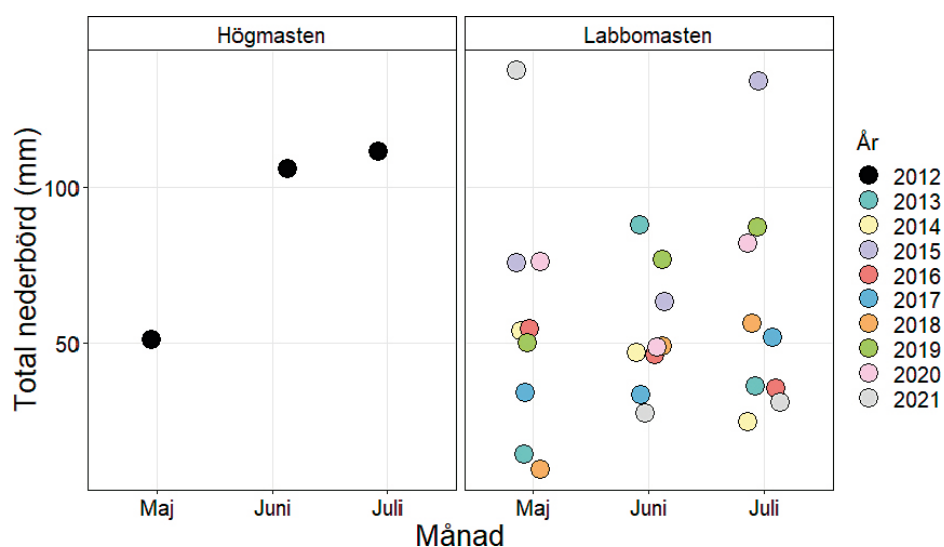
Lönnell N, Hallingbäck T, 2019. Vitmossor *Sphagnum*. Artfakta. SLU Artdatabanken. Tillgänglig: <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/sphagnum-1004718> [24 Februari 2022].

- McMaster R T, 2001.** The population biology of *Liparis loeselii*, Loesel's twayblade, in a Massachusetts wetland. *Northeastern Naturalist* 8, 163–178.
- Mrvicka A C, 1990.** Neue Beobachtungen zu Samenkeimung und Entwicklung von *Liparis loeselii* (L.) Rich. *Arbeitskreis heimische Orchideen Baden-Württemberg* 22, 172–180.
- Nordén S, Saetre P, Löfgren A, 2021.** Effekter av slätter och tramp på ett urval av rikkärrsväxter – Interimssammanställning av resultat från försök i ett rikkärr i Forsmark. SKB R-21-06. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 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.
- Petrone J, Strömberg M, 2020.** Baseline Forsmark – Digital elevation model. SKB R-17-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Rolfsmeier S B, 2007.** *Liparis loeselii* (L.) Rich. (yellow widelip orchid): a technical conservation assessment. USDA Forest Service, Rocky Mountain Region. Tillgänglig: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5206990.pdf [14 Februari 2022].
- SKB, 2011.** Miljökonsekvensbeskrivning; Mellanlagring, inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Soranno P A, Cheruvilil K S, Bissell E G, Bremigan M T, Downing J A, Fergus C E, Filstrup C T, Henry E N, Lotting N R, Stanley E H, Stow C A, Tan P-N, Wagner T, Webster K E, 2014.** Cross-scale interactions: Quantifying multi-scaled cause–effect relationships in macrosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12, 65–73.
- 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, 2020.** Gulyxne *Liparis loeselii*. Artfakta. SLU Artdatabanken. Tillgänglig: <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/980> [11 August 2021].
- Tingley M W, Stillman A N, Wilkerson R L, Howell C A, Sawyer S C, Siegel R B, 2018.** Cross-scale occupancy dynamics of a postfire specialist in response to variation across a fire regime. *Journal of Animal Ecology* 87, 1484–1496.
- Tyler T, Herbertsson L, Olofsson J, Olsson P A, 2021.** Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. *Ecological Indicators* 120, 106923. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106923
- Werner K, Atmosudirdjo A, 2022.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2019 – September 30, 2020. SKB P-21-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, Hamrén U, Collinder P, 2010.** Vattenverksamhet i Forsmark (del I). Bortledning av grundvatten från slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle. SKB R-10-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, Mårtensson E, Nordén S, 2014.** Kärnbränsleförvaret i Forsmark. Pilotförsök med vattentillförsel till en våtmark. SKB R-14-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 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.
- Zachariassen E, Collinder P, 2017.** Inventering av gölgroda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark och dess samband med gulyxne

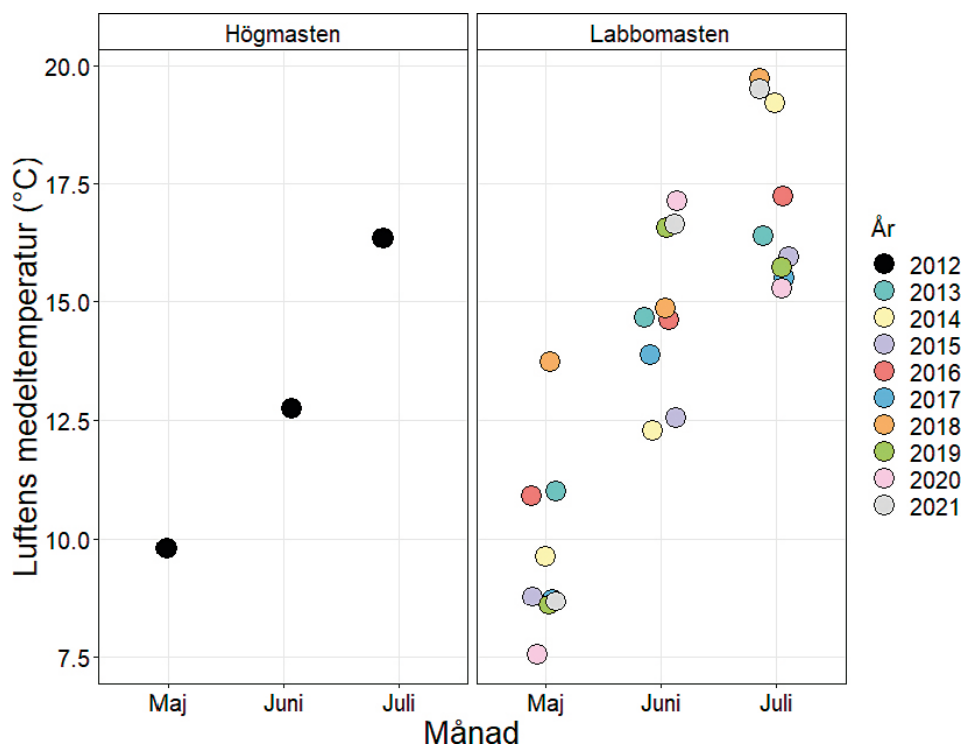
Mellanårsvariationen för maj, juni och juli för de miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark som analyserat efter samband med gulyxnetätheter i Forsmark enligt hypotes 1 (antalet gulyxne i ett område ökar året efter ett torrt år) och hypotes 2 (de hydrologiska förhållanden som råder under tillväxtsäsongen för gulyxne (maj–juli) styr om det blir ett år med höga eller låga individtätheter av gulyxne) (tabell 1-1) redovisas nedan (figur B1-1, figur B1-2, figur B1-3, figur B1-4, figur B1-5, figur B1-6, figur B1-7). Analysresultaten för samtliga miljövariabler testade enligt hypotes 1 och 2 redovisas i tabellform (tabell B1-1).

Nederbörd



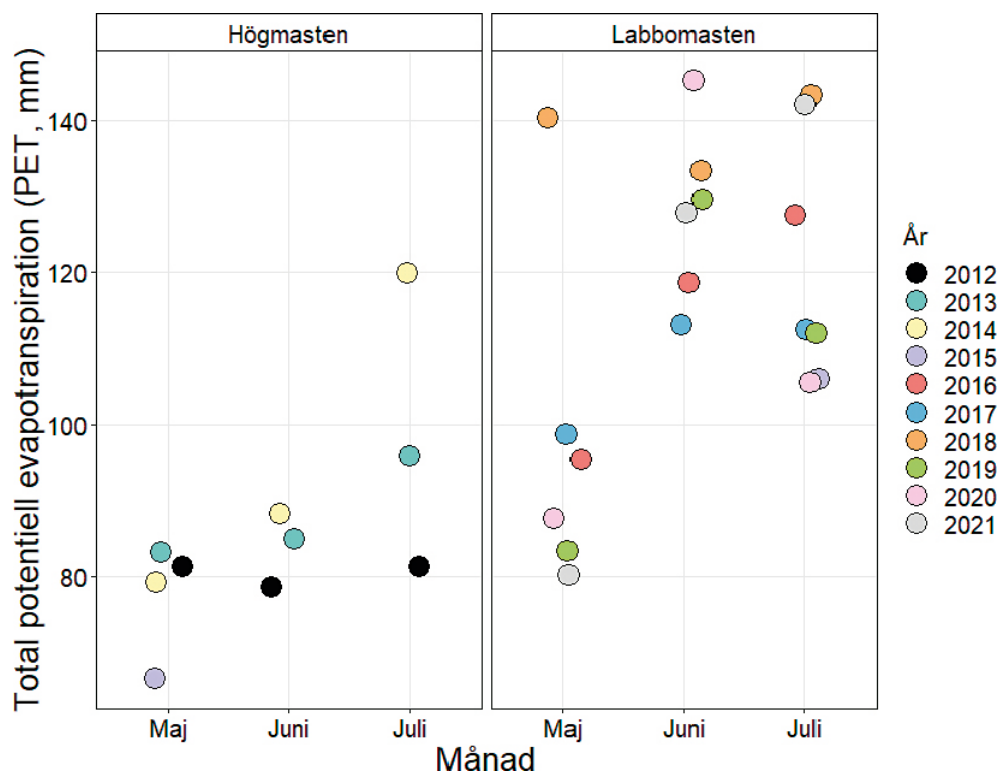
Figur B1-1. Kumulativ nederbördsmängd i Forsmarksområdet under maj, juni och juli under 2012–2021 baserat på data från Högmasten (PFM010700) och Labbomasten (PFM006281). En punkt motsvarar den kumulativa nederbördsmängden för en månad ett specifikt år.

Lufttemperatur



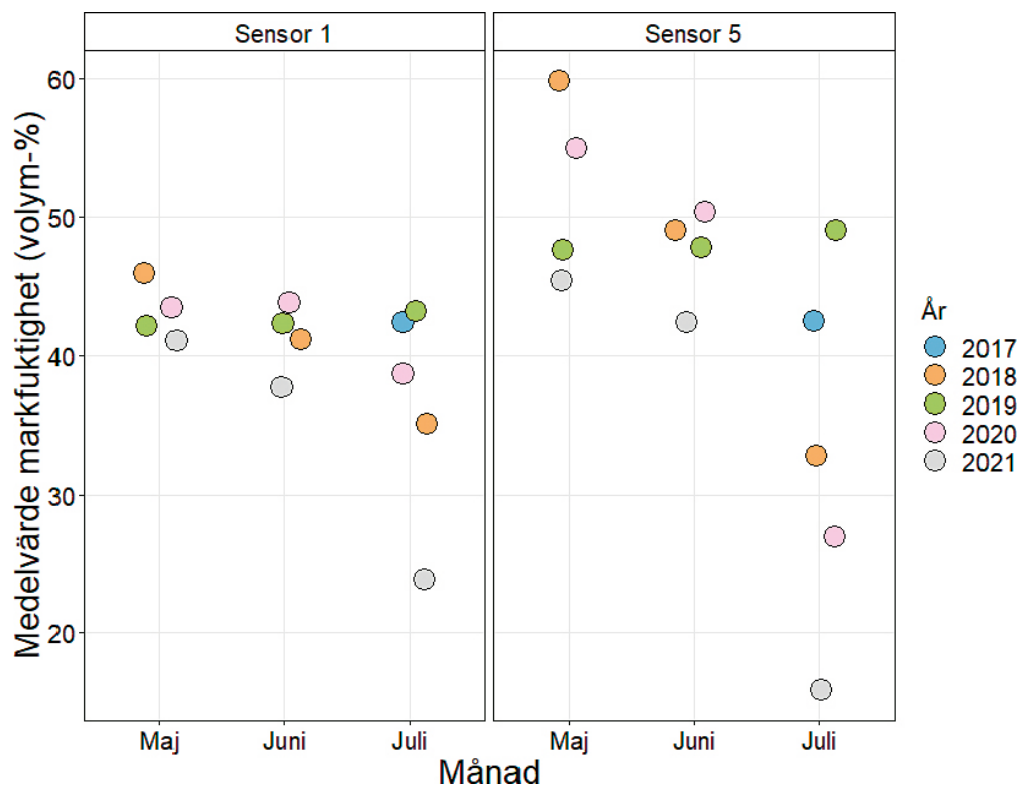
Figur B1-2. Luftens medeltemperatur i Forsmarksområdet under maj, juni och juli under 2012–2021 baserat på data från Högmasten (PFM010700) och Labbomasten (PFM006281). En punkt motsvarar luftens medeltemperatur för en månad ett specifikt år.

Potentiell evapotranspiration, PET



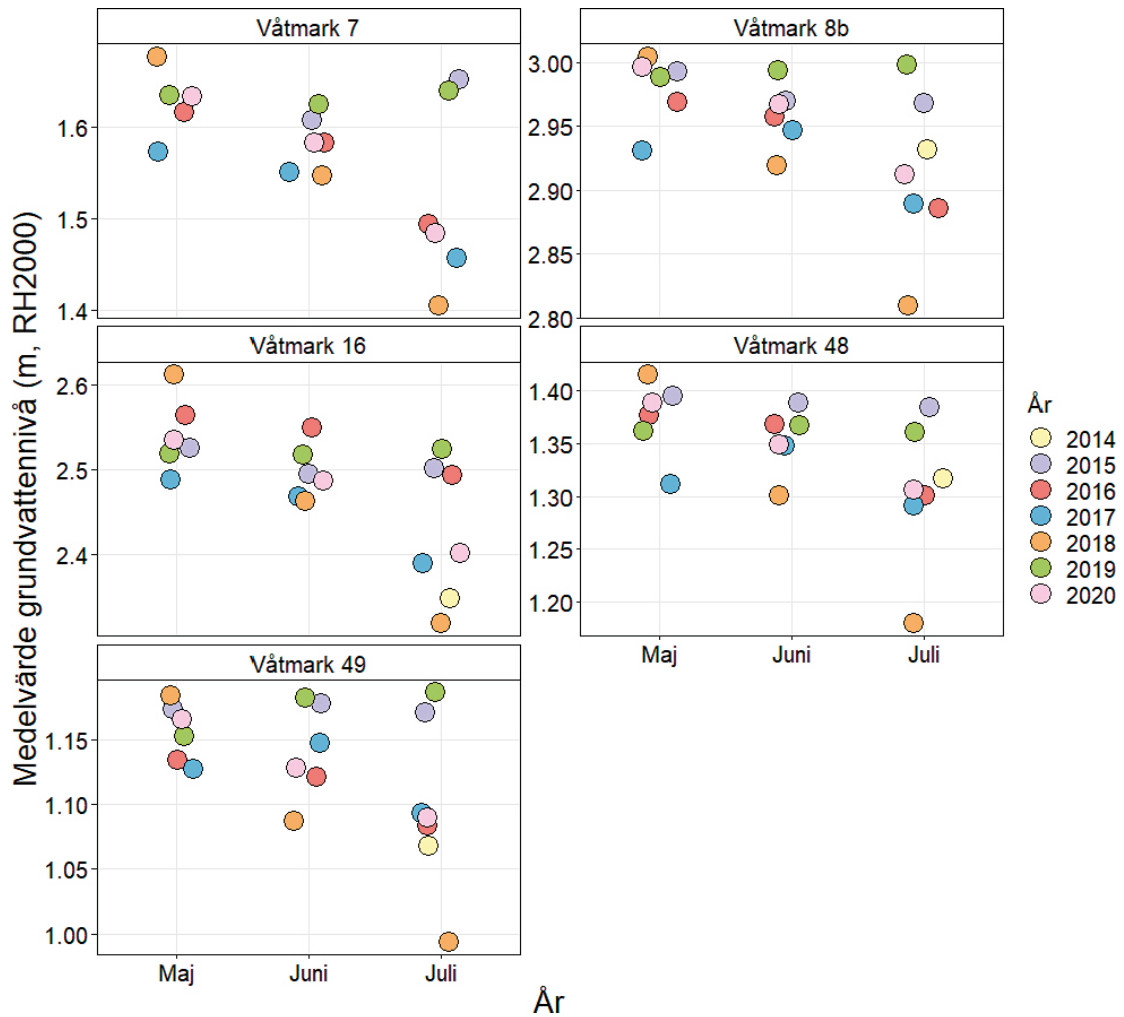
Figur B1-3. Kumulativ potentiell evapotranspiration (PET, mm) i Forsmark för maj, juni och juli månad under 2012–2021 baserat på data från Högmasten (PFM010700) och Labbomasten (PFM006281). En punkt motsvarar kumulativ PET (mm) för en månad ett specifikt år.

Markfuktighet



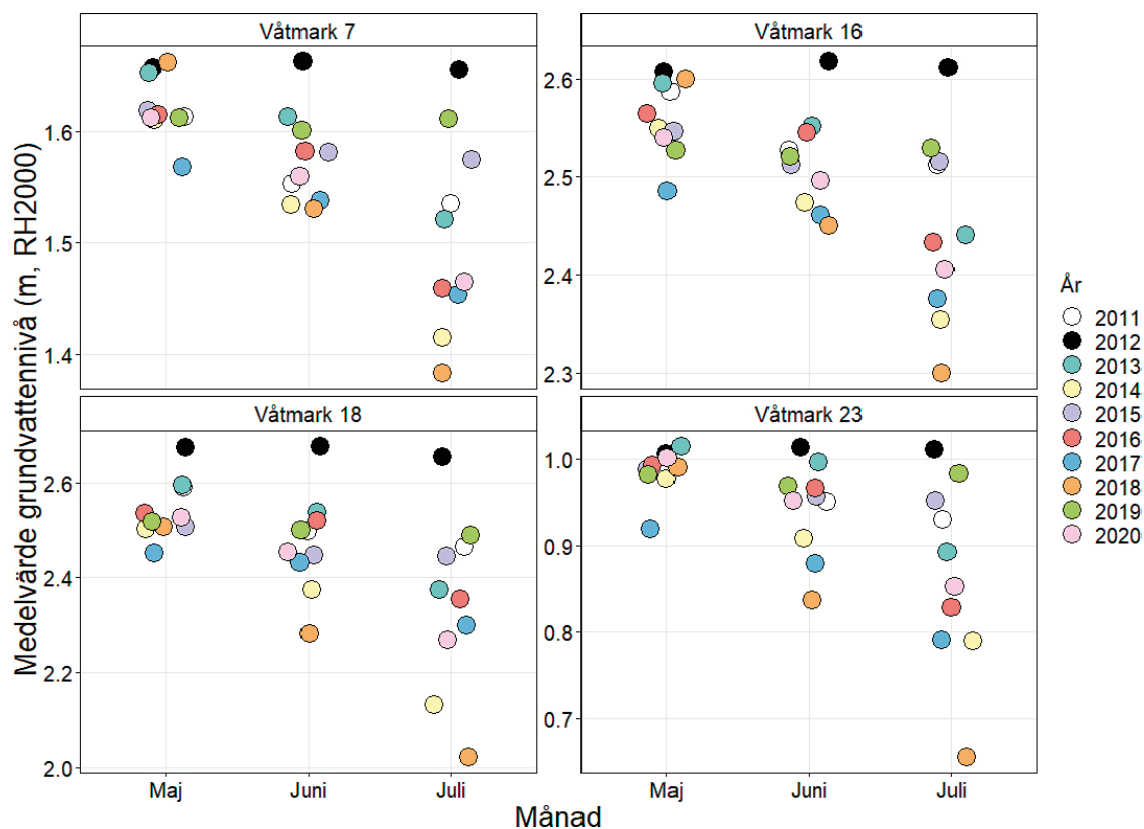
Figur B1-4. Markfuktighetens medelvärde (volym-%) för maj, juni och juli under 2017–2021 baserat på mätdata från sensor 1 vid mätstationen PFM007874 och sensor 5 vid mätstationen PFM007875 i Forsmark. Sensor 1 och 5 är båda placerade på 15 cm djup under markytan. En punkt motsvarar medelvärdet av markfuktigheten för en månad ett specifikt år.

Grundvattennivåer i torv (kärr)



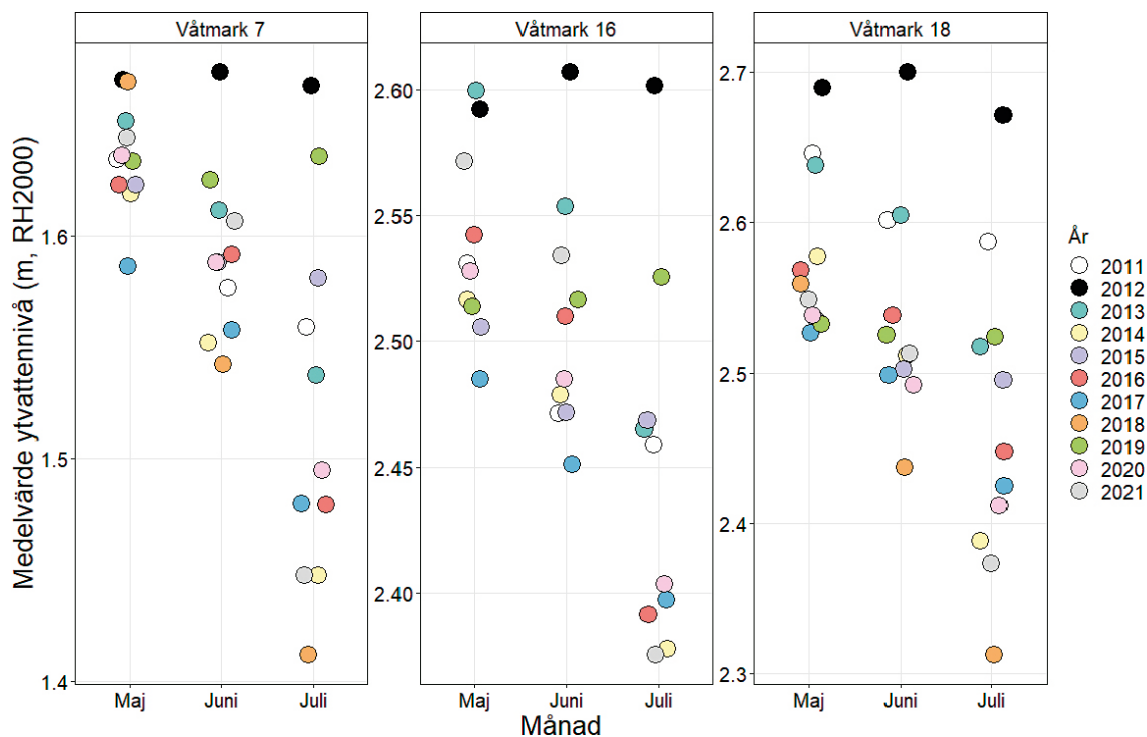
Figur B1-5. Årliga medelvärdet för grundvattennivån i torv för maj, juni och juli månad för fem olika våtmarker som frekvent hyser gulyxne i Forsmarksområdet. Data från 2014 finns tillgängliga för juli i våtmarkerna 8b, 16, 48, och 49 men inte för våtmark 7. För resterande år (2015–2020) finns data för maj, juni och juli (data finns även för maj, juni och juli 2021 men denna var inte tillgängliggjord när data erhöles från SKB:s databas SICADA). Följande ID-nummer har grundvattennivåmätningar i SKB:s databas SICADA: våtmark 7 = SFM000138, våtmark 8b = SFM000139, våtmark 16 = SFM000140 och SFM000160, våtmark 48 = SFM000141 och SFM000161 och våtmark 49 = SFM000142 och SFM000162.

Grundvattennivåer i morän



Figur B1-6. Årliga medelvärdet för grundvattennivån i morän för maj, juni och juli månad för fyra olika våtmarker som frekvent hyser gulyxne i Forsmarksområdet. För samtliga fyra våtmarker finns grundvattennivådata för maj, juni och juli för åren 2011–2020 (data finns även för maj, juni och juli 2021 men denna var inte tillgängliggjord när data erhöles från SKB:s databas SICADA). För våtmark 7 användes mätserien för SFM000110, för våtmark 16 användes mätserien för SFM000114, för våtmarken 18 användes mätserien för SFM000116 och för våtmark 23 användes mätserien för SFM000118.

Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst



Figur B1-7. Årliga medelvärdet av ytvattennivån i gölar vid våtmarker med gulyxneförekomst för maj, juni och juli månad. För våtmark 7 och 18 finns data för maj, juni och juli för åren 2011–2020 (data finns även för maj, juni och juli 2021 men dessa var inte tillgängliga när data erhöles från SKB:s databas SICADA). För våtmark 16 finns data för 2011–2017 och 2019–2020. För våtmark 7 användes mätserien för SFM000111, för våtmark 16 mätserien för SFM000115 och för våtmarken 18 mätserien för SFM000117.

Tabell B1-1. Förklaringsgrader och P-värden för de linjära regressionsmodeller som anpassats mot gulyxnetätheter i Forsmark baserat på olika miljövariabler kopplade till hydrologin i Forsmark enligt antingen hypotes 1 (föregående års hydrologiska förhållanden under tillväxtsåongen styr gulyxnetätheterna) eller hypotes 2 (de hydrologiska förhållanden som råder under tillväxtsåongen för gulyxne styr gulyxnetätheter). Beroende på vad som är mest lämpligt för respektive miljövariabel har analyserna antingen utförts på en regional skala (hela Forsmarksområdet) eller på en lokal skala (specifika våtmarker). Det korrigerade R²-värdet (Adj. R²) visar miljövariabelns förklaringsgrad av gulyxnevariationen över tid. För de samband som visar på ett statistiskt samband (P ≤ 0,05, markerade med *) alternativt tendens till ett statistiskt samband (0,05 < P ≤ 0,10, markerade med ~) är tabellraden markerad i grått.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
1	Forsmark (Regional)	Nederbörd (mm)	Total nederbördsmängd under maj månad föregående år	Nederbörd: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,014	0,327
1	Forsmark (Regional)	Nederbörd (mm)	Total nederbördsmängd under juni månad föregående år	Nederbörd: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,246	0,099~
1	Forsmark (Regional)	Nederbörd (mm)	Total nederbördsmängd under juli månad föregående år	Nederbörd: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	-0,135	0,834
2	Forsmark (Regional)	Nederbörd (mm)	Total nederbördsmängd under maj månad	Nederbörd: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,134	0,824
2	Forsmark (Regional)	Nederbörd (mm)	Total nederbördsmängd under juni	Nederbörd: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,142	0,959
2	Forsmark (Regional)	Nederbörd (mm)	Total nederbördsmängd under juli	Nederbörd: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,009	0,367
1	Forsmark (Regional)	Lufttemperatur (°C)	Luftens medeltemperatur för maj föregående år	Lufttemperatur: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	-0,053	0,466
1	Forsmark (Regional)	Lufttemperatur (°C)	Luftens medeltemperatur för juni föregående år	Lufttemperatur: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	-0,081	0,546
1	Forsmark (Regional)	Lufttemperatur (°C)	Luftens medeltemperatur för juli föregående år	Lufttemperatur: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	-0,080	0,544
2	Forsmark (Regional)	Lufttemperatur (°C)	Luftens medeltemperatur för maj månad	Lufttemperatur: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,137	0,855
2	Forsmark (Regional)	Lufttemperatur (°C)	Luftens medeltemperatur för juni	Lufttemperatur: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	0,198	0,128
2	Forsmark (Regional)	Lufttemperatur (°C)	Luftens medeltemperatur för juli	Lufttemperatur: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,136	0,842
1	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Total PET för maj föregående år	PET: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,365	0,050*

Tabell B1-1. Fortsättning.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
1	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Total PET för juni föregående år	PET: 2012–2014, 2016–2020 Gulyxne: 2013–2015, 2017–2021	0,268	0,108
1	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Total PET för juli föregående år	PET: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,449	0,028*
2	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Total PET för maj	PET: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	0,010	0,212
2	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Total PET för juni	PET: 2013–2014, 2016–2021 Gulyxne: 2013–2014, 2016–2021	0,570	0,019*
2	Forsmark	Potentiell evapotranspiration (PET, mm)	Total PET för juli	PET: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,041	0,435
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under maj föregående år, sensor 1	Markfuktighet: 2018–2020 Gulyxne: 2019–2021	-0,165	0,553
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juni föregående år, sensor 1	Markfuktighet: 2018–2020 Gulyxne: 2019–2021	0,99	0,045*
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juli föregående år, sensor 1	Markfuktighet: 2017–2020 Gulyxne: 2018–2021	-0,414	0,761
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under maj föregående år, sensor 5	Markfuktighet: 2018–2020 Gulyxne: 2019–2021	-0,687	0,741
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juni föregående år, sensor 5	Markfuktighet: 2018–2020 Gulyxne: 2019–2021	-0,472	0,656
1	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juli föregående år, sensor 5	Markfuktighet: 2017–2020 Gulyxne: 2018–2021	-0,345	0,678
2	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under maj, sensor 1	Markfuktighet: 2018–2021 Gulyxne: 2018–2021	-0,201	0,553
2	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juni, sensor 1	Markfuktighet: 2018–2021 Gulyxne: 2018–2021	0,209	0,312
2	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juli, sensor 1	Markfuktighet: 2017–2021 Gulyxne: 2017–2021	-0,046	0,431
2	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under maj, sensor 5	Markfuktighet: 2018–2021 Gulyxne: 2018–2021	-0,308	0,642

Tabell B1-1. Fortsättning.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
2	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juni, sensor 5	Markfuktighet: 2018–2021 Gulyxne: 2018–2021	0,215	0,309
2	Forsmark	Markfuktighet (volym-%)	Markens medelfuktighet under juli, sensor 5	Markfuktighet: 2017–2021 Gulyxne: 2017–2021	0,029	0,368
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 7	Grundvattennivå: 2016–2020 Gulyxne: 2017–2021	0,331	0,183
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 7	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	0,119	0,265
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 7	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	0,119	0,265
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 7	Grundvattennivå: 2016–2020 Gulyxne: 2016–2020	-0,181	0,579
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 7	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	0,089	0,298
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 7	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	-0,136	0,561
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 8b	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	0,210	0,202
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 8b	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	-0,245	0,905
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 8b	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2015–2021	-0,163	0,705
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 8b	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	-0,138	0,564
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 8b	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	0,257	0,174
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 8b	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2014–2020	0,034	0,322
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	-0,232	0,822
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	0,725	0,020*

Tabell B1-1. Fortsättning.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2015–2021	0,274	0,130
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 16	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	0,114	0,269
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 16	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	0,055	0,320
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 16	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2014–2020	-0,011	0,379
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 48	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	-0,066	0,453
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 48	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	-0,018	0,393
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 48	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2015–2021	-0,024	0,397
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 48	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	-0,240	0,867
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 48	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	0,366	0,120
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 48	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2014–2020	0,053	0,300
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 49	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	0,082	0,295
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 49	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2016–2021	-0,030	0,408
1	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 49	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2015–2021	-0,026	0,399
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 49	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	-0,235	0,834
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 49	Grundvattennivå: 2015–2020 Gulyxne: 2015–2020	-0,010	0,501
2	Våtmark	Grundvattennivå i torv	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 49	Grundvattennivå: 2014–2020 Gulyxne: 2014–2020	0,039	0,316

Tabell B1-1. Fortsättning.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 7	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,051	0,258
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 7	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	-0,017	0,383
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 7	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,042	0,272
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 7	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,140	0,897
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 7	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,142	0,961
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 7	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,122	0,730
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	-0,023	0,398
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,443	0,021*
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 16	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,359	0,040*
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 16	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,124	0,742
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 16	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	0,042	0,284
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 16	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,081	0,548
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2019 Gulyxne: 2013–2020	0,185	0,138
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2019 Gulyxne: 2013–2020	0,396	0,041*
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2019 Gulyxne: 2013–2020	0,194	0,131
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 18	Grundvattennivå: 2013–2020 Gulyxne: 2013–2020	-0,166	0,960

Tabell B1-1. Fortsättning.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 18	Grundvattennivå: 2013–2020 Gulyxne: 2013–2020	-0,167	0,999
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 18	Grundvattennivå: 2013–2020 Gulyxne: 2013–2020	-0,129	0,672
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 23	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,475	0,016*
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 23	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,658	0,003*
1	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 23	Grundvattennivå: 2011–2019 Gulyxne: 2012–2020	0,265	0,074
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 23	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,130	0,786
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 23	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	0,007	0,338
2	Våtmark	Grundvattennivå i morän	Grundvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 23	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2012–2020	-0,055	0,469
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 7	Ytvattennivå: 2011–2020 Gulyxne: 2012–2021	0,056	0,251
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 7	Ytvattennivå: 2011–2020 Gulyxne: 2012–2021	0,022	0,305
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 7	Ytvattennivå: 2011–2020 Gulyxne: 2012–2021	0,051	0,259
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 7	Ytvattennivå: 2012–2021 Gulyxne: 2012–2021	-0,113	0,776
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 7	Ytvattennivå: 2012–2021 Gulyxne: 2012–2021	-0,096	0,655
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 7	Ytvattennivå: 2012–2021 Gulyxne: 2012–2021	-0,110	0,752
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 16	Ytvattennivå: 2011–2017, 2019–2020 Gulyxne: 2012–2018, 2020–2021	0,076	0,239

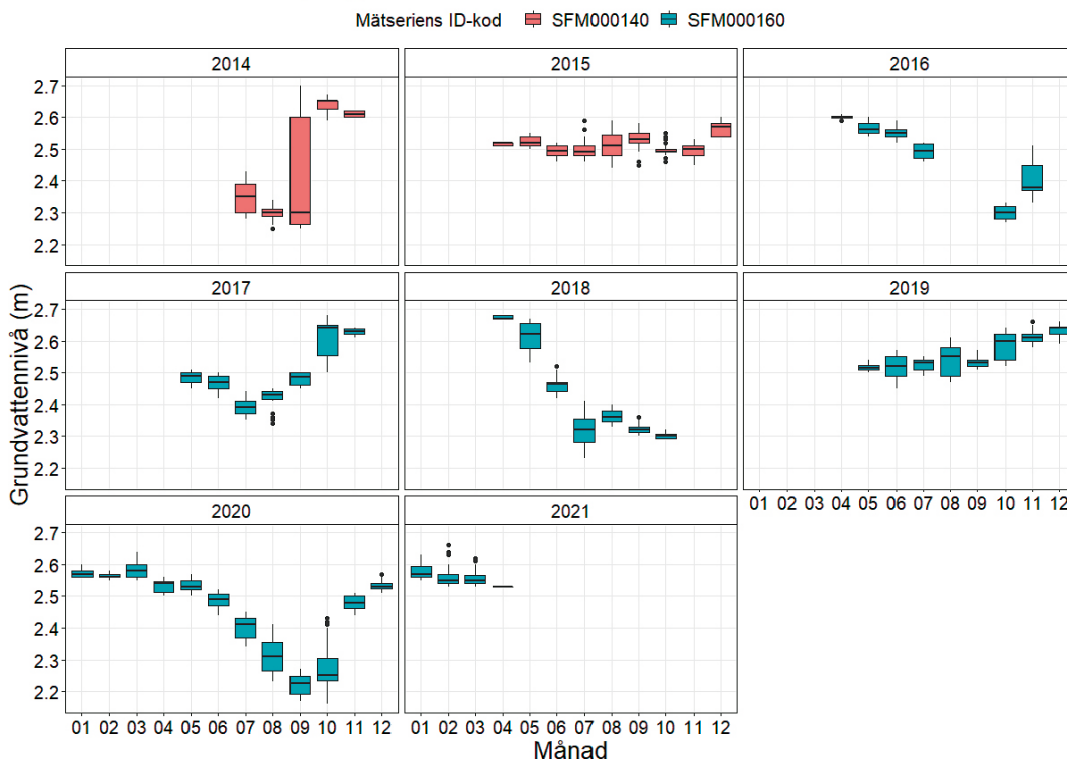
Tabell B1-1. Fortsättning.

Hypotes	Rumslig skala	Miljövariabel	Data	År med data	Adj. R ²	P
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 16	Ytvattennivå: 2011–2017, 2019–2020 Gulyxne: 2012–2018, 2020–2021	0,041	0,285
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 16	Ytvattennivå: 2011–2017, 2019–2020 Gulyxne: 2012–2018, 2020–2021	0,008	0,337
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 16	Ytvattennivå: 2012–2017, 2019–2021 Gulyxne: 2012–2017, 2019–2021	0,112	0,199
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 16	Ytvattennivå: 2012–2017, 2019–2021 Gulyxne: 2012–2017, 2019–2021	0,031	0,299
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 16	Ytvattennivå: 2012–2017, 2019–2021 Gulyxne: 2012–2017, 2019–2021	-0,102	0,624
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under maj föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,246	0,100 ⁻
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juni föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,445	0,029*
1	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juli föregående år, våtmark 18	Grundvattennivå: 2012–2020 Gulyxne: 2013–2021	0,277	0,084 ⁻
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under maj, våtmark 18	Grundvattennivå: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	0,132	0,180
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juni, våtmark 18	Grundvattennivå: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,035	0,420
2	Våtmark	Ytvattennivåer i gölar inom våtmarker med gulyxneförekomst	Ytvattennivåns medelvärde under juli, våtmark 18	Grundvattennivå: 2013–2021 Gulyxne: 2013–2021	-0,143	0,980

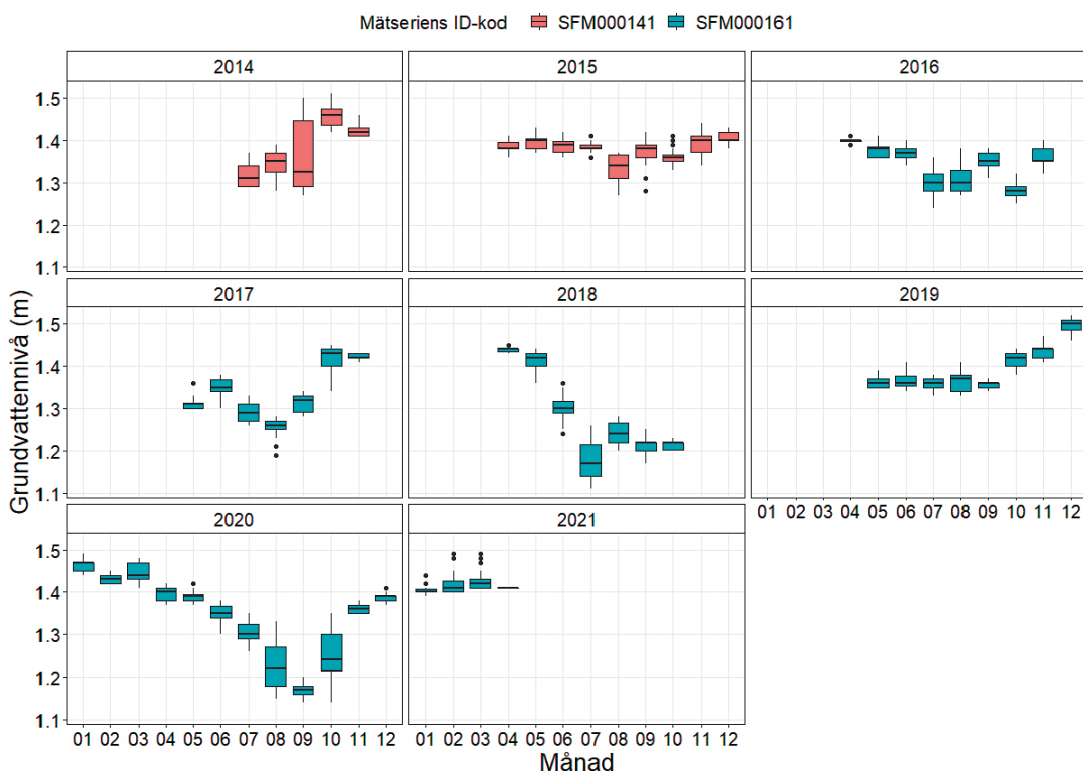
Grundvattennivådata

Figurer som visar hur ID-koderna (SFM...) för mätserier med grundvattennivåer uppmätta i torv respektive morän har skiftat över tid för de våtmarker där det finns fler än en mätserie tillgänglig i SKB:s databas SICADA.

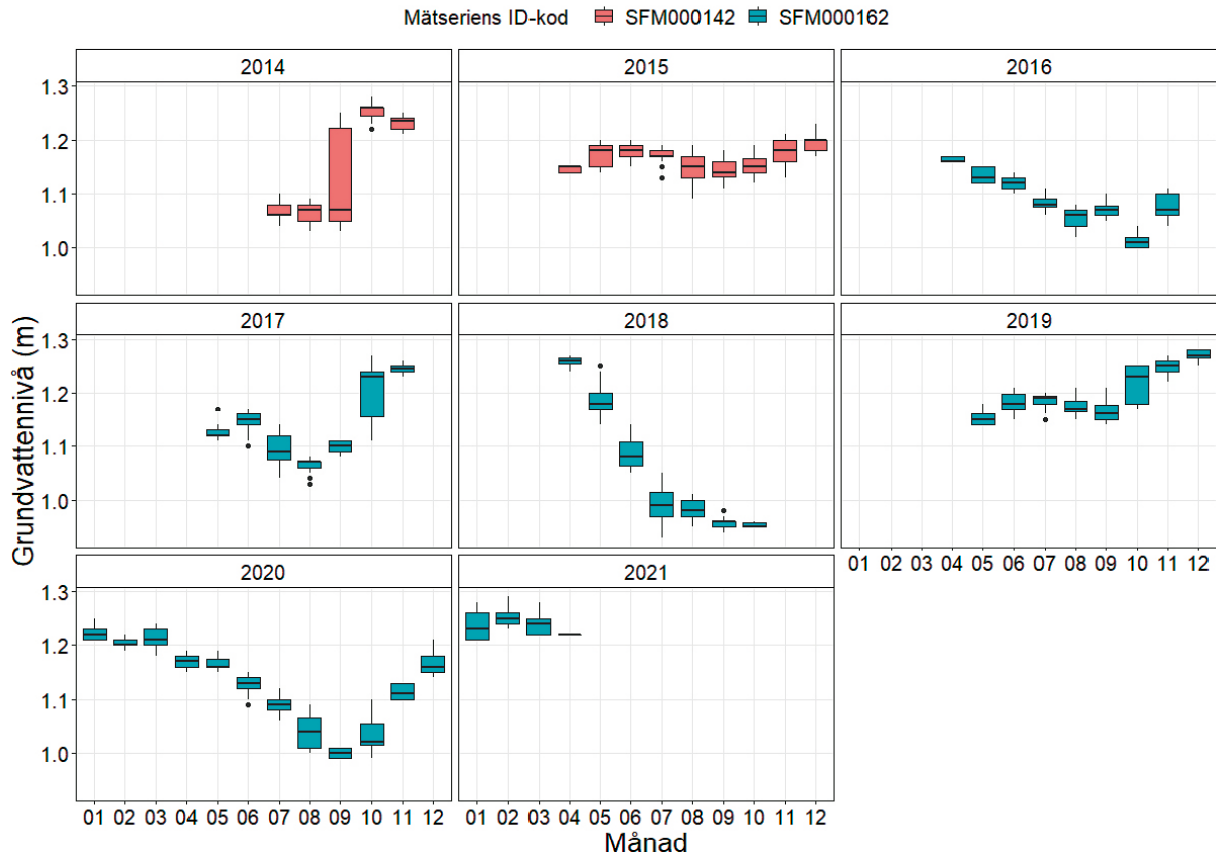
Grundvattenrör i torv (kärr), våtmark 16



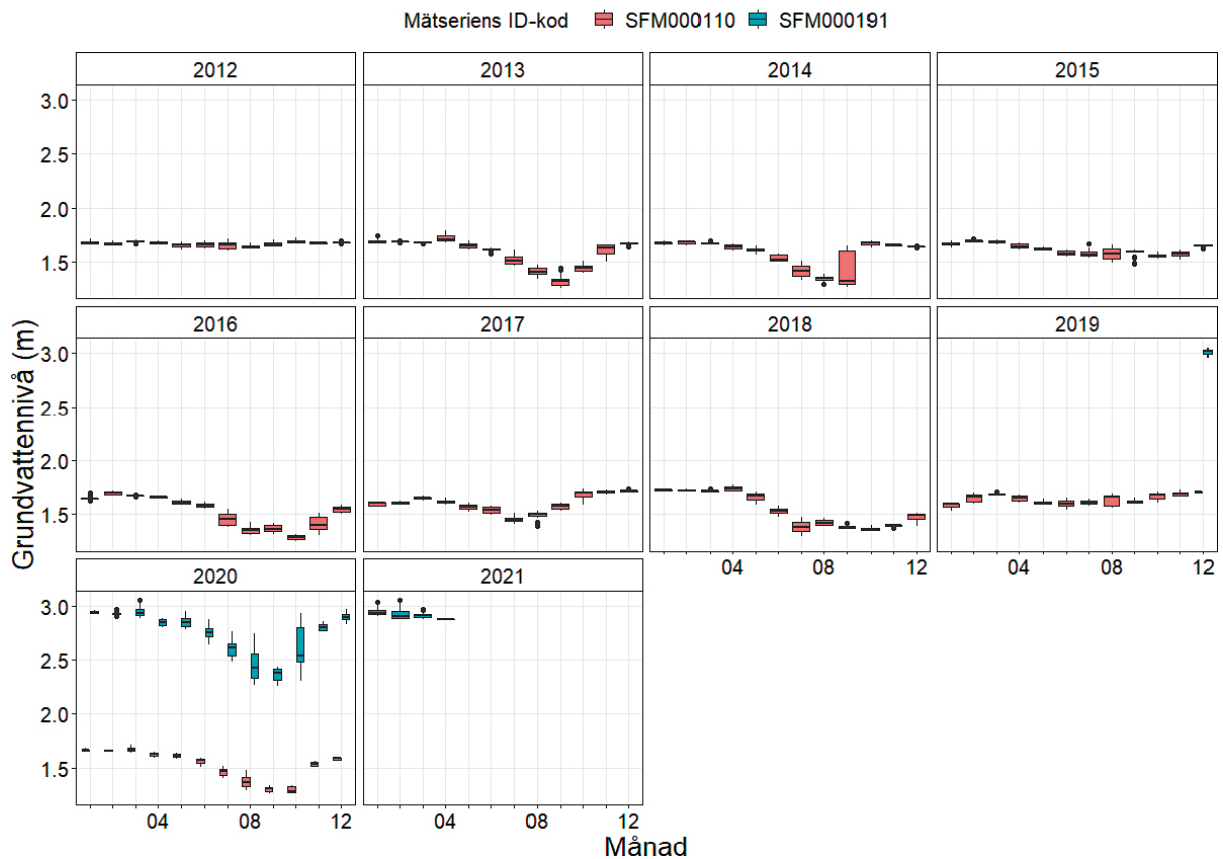
Grundvattenrör i torv (kärr), våtmark 48



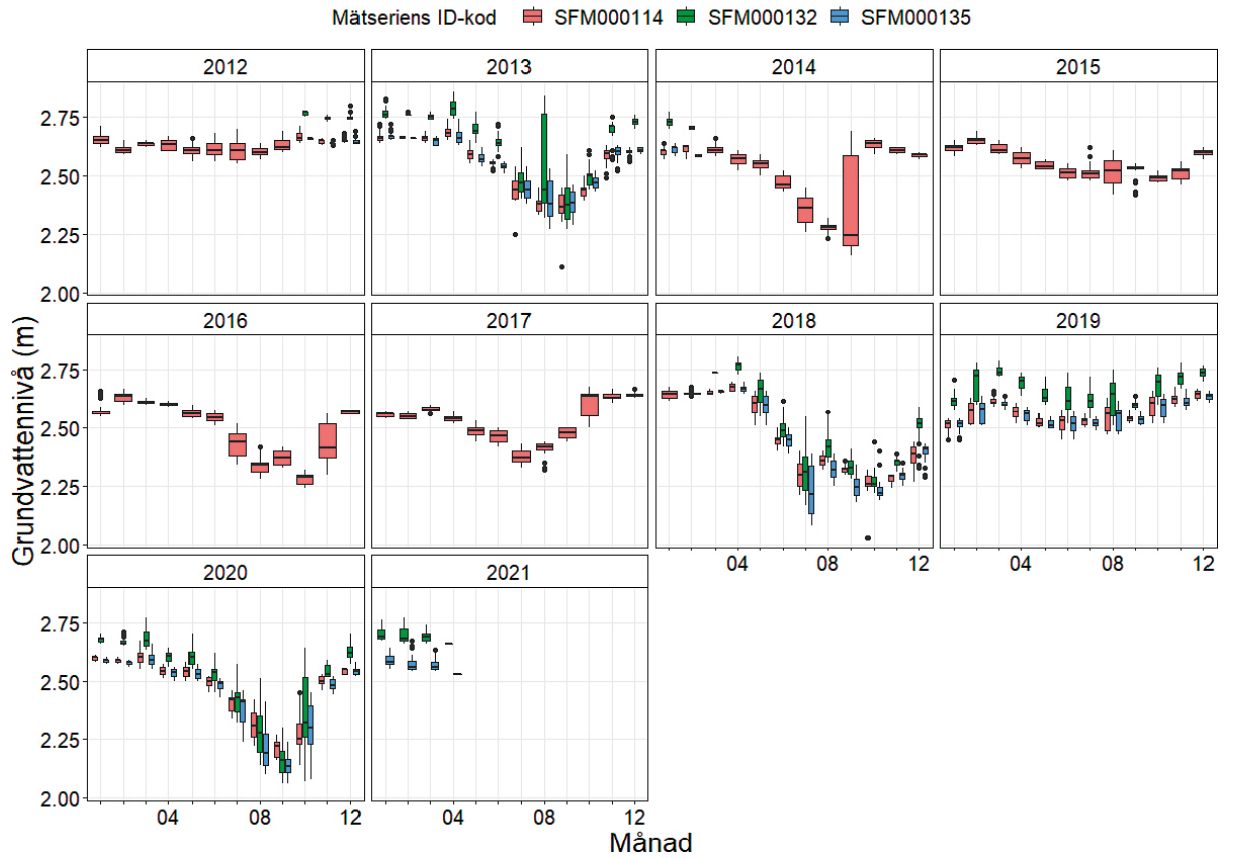
Grundvattenrör i torv (kärr), våtmark 49



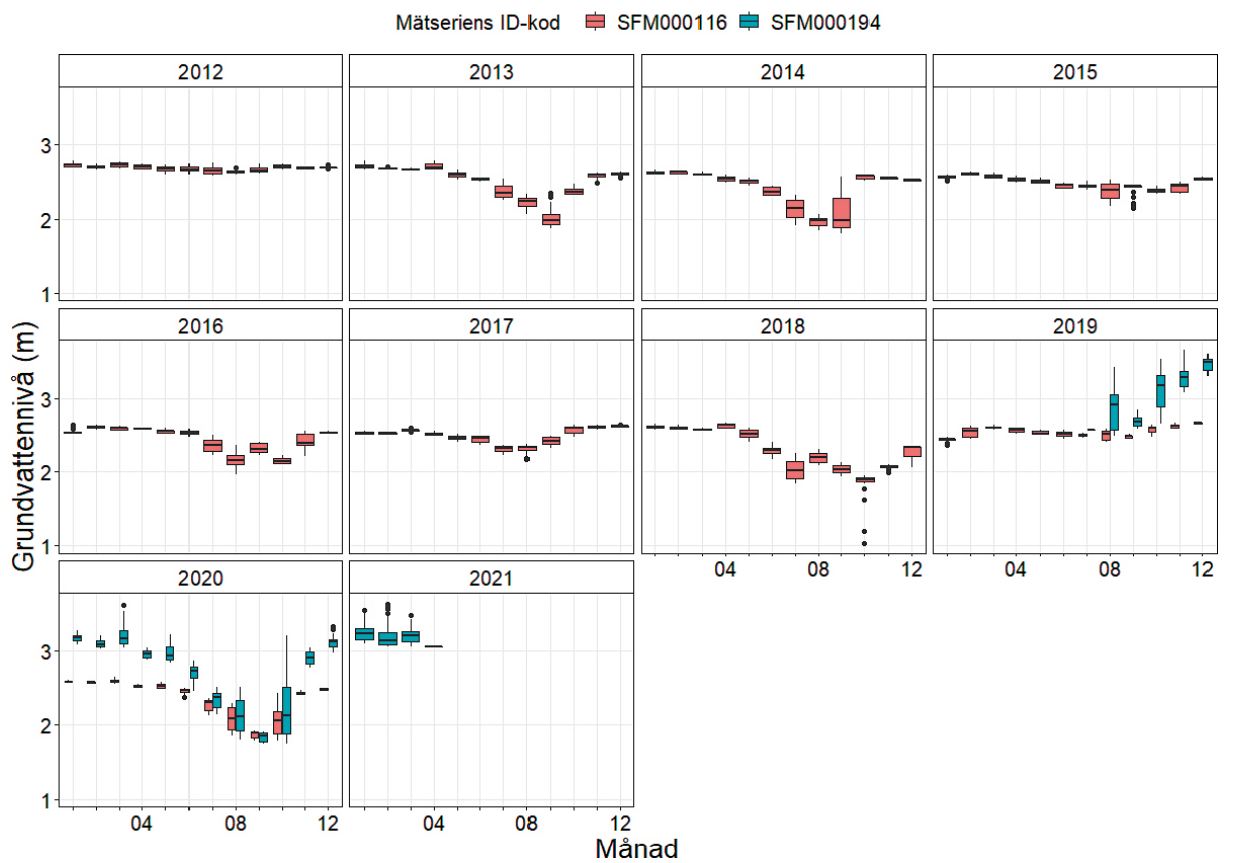
Grundvattenrör i morän, våtmark 7



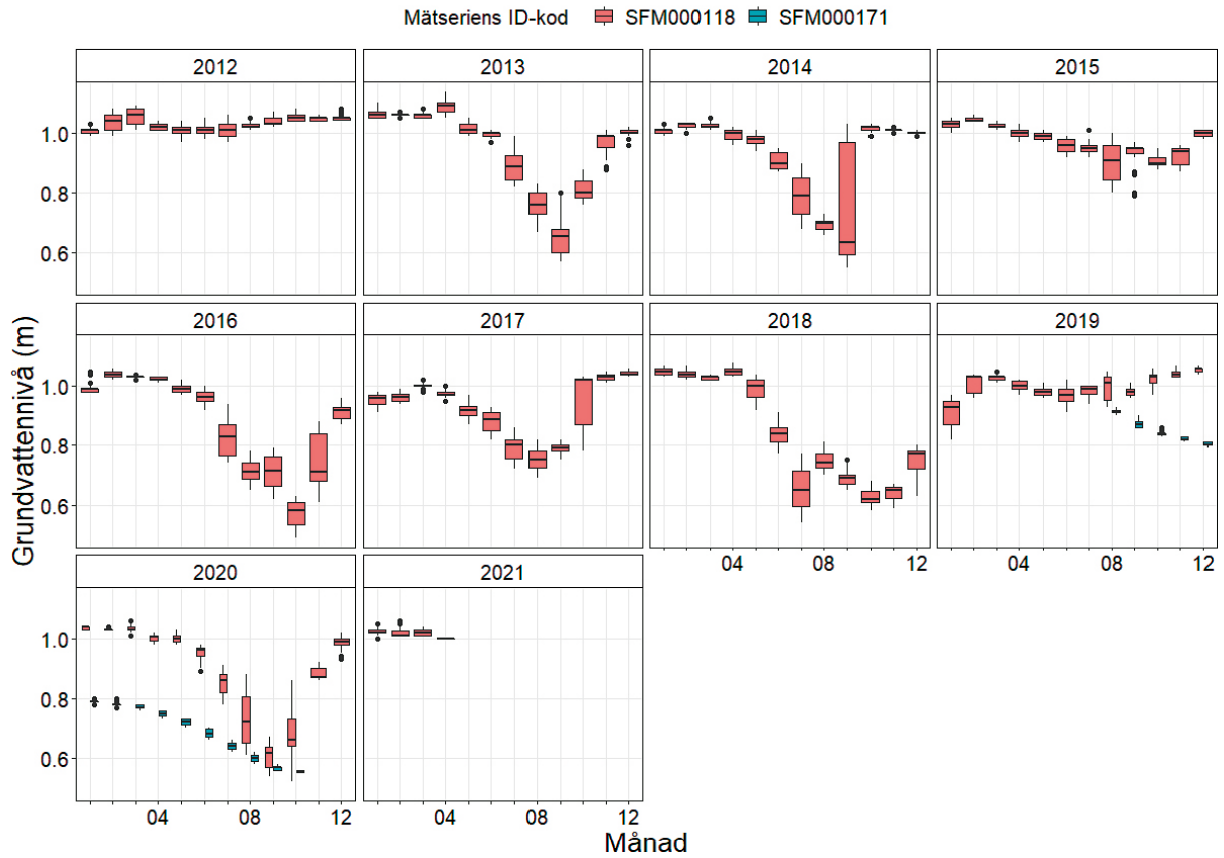
Grundvattenrör i morän, våtmark 16



Grundvattenrör i morän, våtmark 18



Grundvattenrör i morän, våtmark 23



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