
Kunskapsläget gällande amfibiers känslighet
för föroreningar i dagvattendammar –
PM baserat på datainsamling
och statistisk modellering



BAKGRUND

Detta PM är ett resultat av masterexamensarbetet *Investigating the basis for pollutant guidelines regarding amphibians in stormwater retention ponds*, genomfört vid Lunds universitet våren 2020. Det gjordes som ett svar på det stora intresse som finns bland beslutsfattare för att utvärdera vilka urbana områden och strukturer som skulle kunna fungera som stödhabitat för amfibier—det vill säga vad man bör försöka efterleva ifråga om bland annat vegetation, morfologi och föroreningsbelastning om man vill skapa goda förutsättningar för att se groddjur reproducera sig.

Dagvattendammar är ett exempel på en stadsnära habitattyp som har visat sig kunna agera reproduktionslokal för amfibier, men då dessa dammar ackumulerar en mängd olika toxiska ämnen när de renar det inkommande vattnet så uppvisar de ofta föroreningshalter som vida överskrider vad som påträffas i naturliga habitat. Detta innebär att de riskerar att agera som ekologiska fällor—habitat som vid en första anblick är attraktiva nog för att dra till sig populationer men som av olika anledningar inte kan upprätthålla dem i det långa loppet.

Det har funnits en stor kunskapsbrist gällande vad vi vet om mängden och fördelningen av toxikologiska data: med andra ord vad vi vet om känsligheten hos amfibier för olika dagvattenrelevanta föroreningar. Denna undersökning syftade till att både belysa kunskapsläget och att analysera de data som fanns tillgängliga i den utsträckning det var möjligt.

METODER

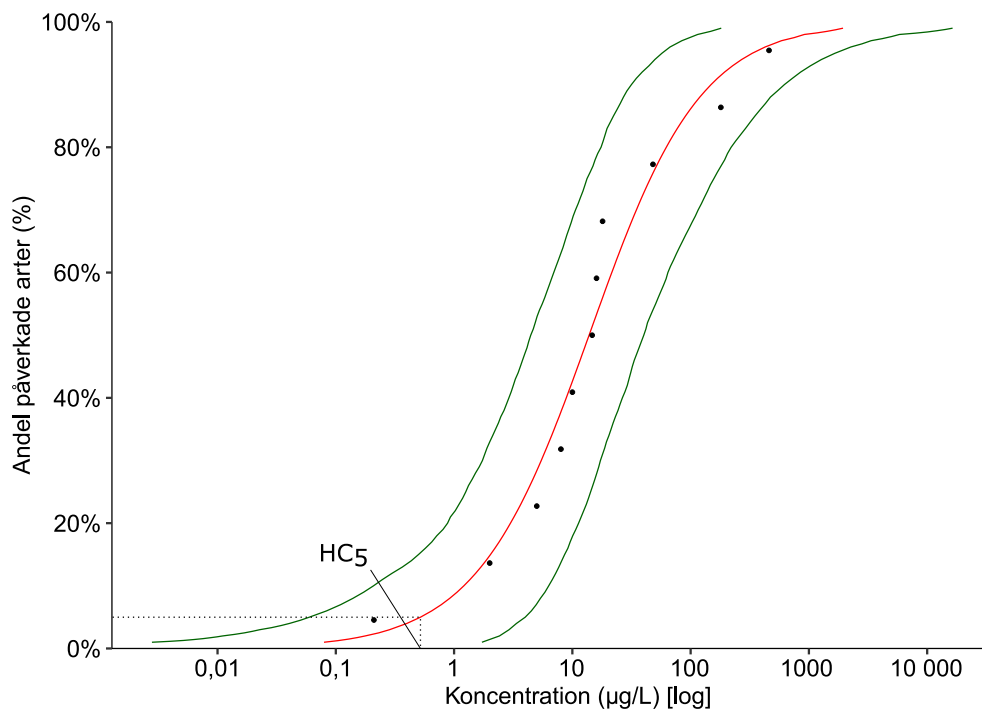
Dataunderlaget samlades in genom att skapa en lokal version av webb-databasen ECOTOX som erhålls av EPA—USA:s motsvarighet till Naturvårdsverket. En av de stora fördelarna med denna databas, förutom dess omfattning, är att den är betydligt mer utförlig ifråga om dokumentering av testparametrar än liknande databaser, vilket var en förutsättning för att möjliggöra solida statistiska analyser.

Metoderna för denna undersökning kan delas upp i två huvudsakliga kategorier: beskrivande statistik och matematiska modeller.

Den **beskrivande statistiken** hade enkelt uttryckt som syfte att tala om hur kunskapsläget ser ut och svara på frågor om vilka groddjur som är representerade i databasen, vilka livsstadier som vanligtvis testas, vilka kategorier av föroreningar som dominerar, med mera.

De **matematiska modellerna** består av artkänslighetsfördelningar (jämf. normalfördelning), ofta kallade SSD:er från engelskans *species sensitivity distribution*. I korthet sammanställs en mängd toxikologiska data för en viss grupp arters känslighet för ett specifikt kemiskt ämne eller klass av ämnen. Med hjälp av simulationer dras sedan olika linjer genom dessa datapunkter och den linje som beräknas vara närmast det verkliga underliggande sambandet väljs. Det är längs denna linje (fördelning) som man kan utläsa viktiga samband och värden. I mån av tillgänglighet är data på kroniska effekter ofta att föredra eftersom de är mer representativa och vanligare i naturliga ekosystem, där ett mer normalt scenario är att låga men ihållande koncentrationer av ett ämne ger små långsiktiga effekter, snarare än att en enorm puls av förorening dödar en större andel av

individerna i ett område under en kort tidsrymd. Arterna i en SSD ordnas efter sin känslighet för ämnet, ofta beräknat som det lägsta tillgängliga värdet för arten av försiktighetsskäl (i akvatiska sammanhang ofta räknat i mikrogram/liter). Ett vanligt värde att utläsa ur en SSD är det så kallade HC₅-värdet (*hazard concentration for 5 % of species*) som anger vilken koncentration av ett ämne som inte bör överskridas om man vill undvika att mer än 5 % av de aktuella arterna påverkas menligt. Samtidigt kan funktionen användas i motsatt riktning: Om man vet vilken grad av påverkan man kan acceptera räknat i procent negativt påverkade arter, så kan man se vid vilken koncentration detta förutsätts ske. Figur 1 visar ett exempel på en SSD skapad med akuta data för insekticiden endrin.



Figur 1. SSD skapad med akuta data för insekticiden endrin. Varje punkt motsvarar en arts lägsta uppvisade känslighet för ämnet och inga arter är representerade mer än en gång. Den inre linjen är fördelningen längs med vilken man kan läsa av olika värden på x- och y-axlarna, medan de flankerande linjerna representerar det övre respektive undre 95-procentiga konfidensintervallet. Den streckade linjen skär y-axeln vid 5 % och anger därmed HC₅ på x-axeln. Notera att x-axeln är logaritmerad. HC₅=0,52 µg/L.

I fallen med ämnen för vilka data inte räckte till för att skapa matematiska modeller noterades istället de lägsta koncentrationer vid vilka negativa effekter har påvisats i tester, samt vilken typ av effekter som registrerades. Detta ska ses som ett supplement till de beräknade värdena och inte som lika direkt applicerbara, då de inte är ett resultat av matematisk modellering utan endast ett urval av redan existerande data. Likväl kan det ge en grov uppskattning av vid vilka storleksordningar man kan tänkas se negativa effekter på amfibier.

För att kunna sätta resultaten i ett vidare sammanhang så jämfördes de både med de riktlinjer för sötvattenskvalitet som har satts upp av Havs- och vattenmyndigheten, samt med tidigare utförda mätningar från StormTac AB:s databas och mätningar gjorda på uppdrag av Länsstyrelsen Skåne.

Mätningar av föroreningsbelastning kring dagvattendammar tenderar att göras dels på koncentrerat dagvatten innan det sköljs ned i dammarna för rening, dels nedströms dammarna i den naturliga recipienten. Detta beror på att man generellt intresserar sig för hur effektiva dammarna är ifråga om att reducera koncentrationerna och skydda de naturliga ekosystemen som återfinns nedströms, snarare än att fokusera på förhållandena i dammarna och hur de skulle kunna påverka organismer som befinner sig i dem. De mätvärden som finns är dock de rimligaste uppskattningarna att använda sig av i brist på egna mätdata.

RESULTAT

Beskrivande

Över 25 000 datapunkter samlades in från nästan 1200 studier utförda mellan åren 1925–2019. Totalt 1055 unika kemiska ämnen var representerade, tillsammans med 177 arter och 59 släkten av amfibier.

Den överlägset största bidragande arten till de toxikologiska data vi har över amfibier är den afrikanska klogrodan, *Xenopus laevis*. På en avlägsen andraplats kommer den Nordamerikanska leopardgrodan, *Lithobates pipens*. Släktena *Xenopus* och *Lithobates* utgjorde tillsammans över halva datasetet, eftersom de länge har varit modellorganismer bland amfibier och därför ofta är ett förstahandsval i toxikologiska sammanhang. Bland de 13 svenska amfibiearterna var representationen klenare. Av dem saknades 3 helt i datasetet, och resterande 10 arter utgjorde endast 8 % av datapunkterna och hade testats för drygt 20 % av ämnena i undersökningen.

Även om detta ur ett svenskt perspektiv kan ses som olyckligt så finns det anledning att vara optimistisk, av två primära anledningar: För det första verkar det inte som om känsligheten mellan olika släkten och arter skiljer sig markant. Koncentrationsspannet i en SSD kan snarare tillskrivas att olika effekter kombineras. De lägsta koncentrationerna kan ha gett effekter på enzymer eller gener, medan de högsta koncentrationerna snarare ofta handlar om mer grovkorniga effekter så som dödlighet och tillväxt. För det andra gör blandningen av arter att man rimligtvis kan anta att de är förhållandevis representativa för ett amfibiesamhälle eller -population, eftersom det inte finns någon anledning att tro att samtliga de arter som ingår skulle vara mer eller mindre känsliga än alla de svenska arter som *inte* ingår. Även om den (nästan) alltid närvarande afrikanska klogrodan skulle vara ovanligt känslig eller okänslig för vissa ämnen så utgör den aldrig mer än en enda datapunkt bland de som tillsammans utgör basen för beräkningen av exempelvis HC₅ och den kan på så vis inte sägas driva resultaten i ena eller andra riktningen.

Gällande ämnesklasser så utgjorde insekticider 15 % av alla ämnen i datasetet, herbicider 12 %, samt fungicider och metaller 7 % respektive. Nästan hälften av de 1055 ämnen som påträffades i databasen (44 %) var sådana som inte förväntades hamna i dagvattendammar och som inte heller analyserades i någon av den relevanta litteraturen. En stor del av denna kategori utgjordes av medicin och hygienprodukter.

Tidiga livsstadier dominerade, till den grad att embryon, larver, och yngel tillsammans utgjorde 76 % av alla data. Detta kan ses som positivt eftersom dessa stadier anses vara de mest sårbara

även i naturliga miljöer, både eftersom unga groddjur är mer känsliga rent fysiologiskt och för att de till skillnad från sina föräldrar spenderar all sin tid i den akvatiska miljön där de föroreningar som vi är intresserade av påträffas. Dock påverkar reproduktionsframgången även den vuxna populationen till en betydande grad.

Bland de effekter som mättes i toxikologiska tester på amfibier var det vanligast att ange dödlighet (35 %), tillväxt (13 %), och utveckling från yngre stadier (12 %). Dessa är förhållandevis ”grova” mått—vilket är en av anledningarna till att de är så populära och lätta att mäta—men de är samtidigt högst relevanta för att förutsäga populationseffekter i verkliga ekosystem.

Modeller

Tillräckliga data fanns för att konstruera SSD:er för 13 olika ämnen. För vissa ämnen fanns det tillräckligt av både akuta och kroniska data, vilket innebar att slutresultatet av denna del av analysen var 18 stycken SSD:er totalt. Tabell 1 visar en sammanfattning av dessa, men i de fall då både kroniska och akuta värden kunde beräknas har enbart de kroniska angetts, då dessa kan ses som både mer realistiska ifråga om vad som kan förväntas uppmätas i fält, samt mer skyddande då de tenderar att vara lägre än akuta dito. I fallet zink fanns otillräckliga data för att konstruera en kronisk SSD, men om trenden för de tre andra övergångsmetallerna i studien (koppar, kadmium och kvicksilver) håller i sig så skulle man kunna förvänta sig ett kroniskt HC₅-värde som ligger cirka en storleksordning lägre än det akuta. Detta hade gett ett kroniskt HC₅-värde för zink på 5 µg/L.

TABELL 1. Sammanfattning av de viktigaste parametrarna från skapandet av känslighetsfördelningar. HC₅ angivet med det 95-procentiga konfidensintervallet inom parenteser.

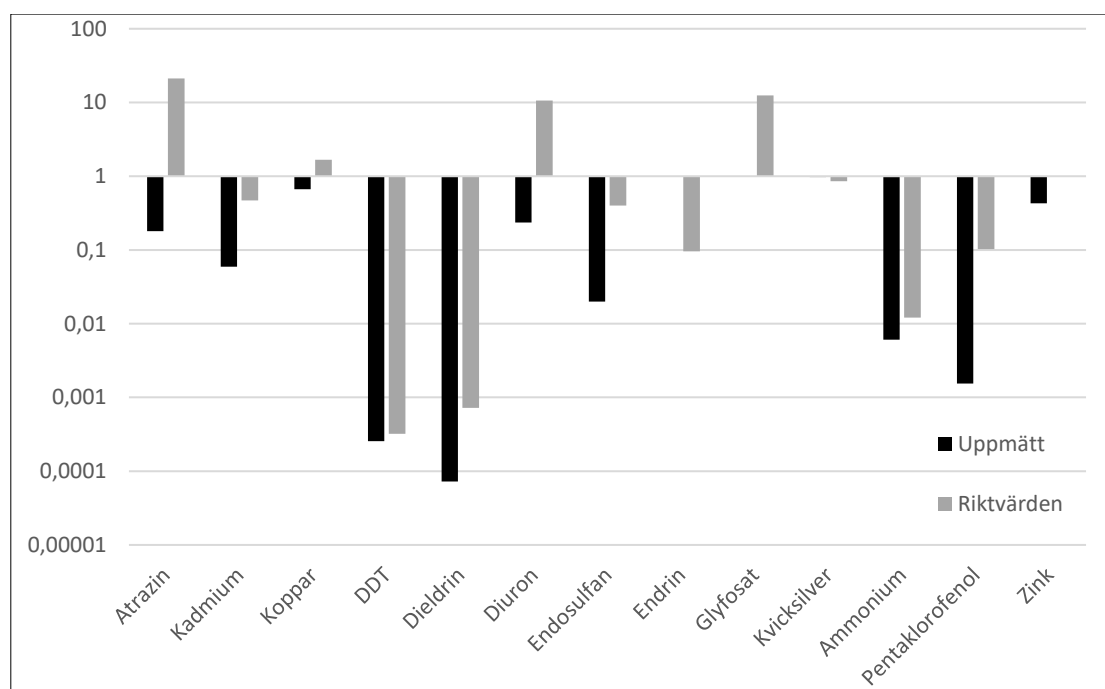
Ämne	Varaktighet	HC ₅ (µg/L)	95 % konf. int.	Antal arter
Ammonium	Kronisk	560	(160–2300)	15
Atrazin	Kronisk	0,094	(0,02–0,50)	29
Kadmium	Kronisk	2,5	(0,89–6,5)	8
Koppar	Kronisk	0,30	(0,060–2,2)	18
DDT	Akut	78	(0,59–4100)	6
Dieldrin	Akut	6,9	(0,57–69)	6
Diuron	Kronisk	0,17	(0,000019–400)	6
Endosulfan	Kronisk	0,025	(0,0027–0,21)	18
Endrin	Akut	0,52	(0,060–4,0)	11
Glyfosat	Kronisk	8,0	(1,1–55)	35
Kvicksilver	Kronisk	0,082	(0,013–3,4)	8
Pentaklorofenol	Akut	9,7	(1,1–75)	7
Zink	Akut	53	(4,4–720)	11

Tabell 2 visar de ämnen för vilka otillräckliga data fanns för att konstruera känslighetsfördelningar, men för vilka man kunde hitta lägsta värden för uppvisade negativa effekter.

TABELL 2. Lägsta koncentrationer för vilka negativa effekter har fastställts. Antal värden anger hur många värden som totalt fanns i databasen för ämnet.

Ämne	Antal värden	Koncentration ($\mu\text{g/L}$)	Effekt
4-tert-oktylfenol	33	2,1	Vikt
Alaklor	28	0,15	Metamorfos
Bensen	11	76	10 % dödlighet
Benso[a]pyren	15	33	Längd
Bisfenol A	207	2,3	Könsfördelning
Krom	127	30	50 % dödlighet
Fluoranten	9	11	Rörelse
Isoproturon	10	1300	Ägglossningstakt
MCPA	14	1300	Hormoner
n-Nonylfenol	69	2,2	Könsfördelning
PFOA	23	1000	Metamorfos
PFOS	35	50	Morfologi
Simazin	40	1,2	Dödlighet
Trifluralin	21	200	Morfologi

Figur 2 jämför de fastställda HC₅-värdena med Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för sötvatten samt med uppmätta koncentrationer. Värt att notera är att fyra riktvärden från Havs- och vattenmyndigheten överskrider de beräknade HC₅-värdena: atrazin, diuron, glyfosat och koppar. Vad gäller de uppmätta värdena så överskrider inga av dem de koncentrationer som fastställts som HC₅. Notera att endrin och glyfosat inte ingick i mätningarna men hade riktvärden.



Figur 2. Jämförelse mellan beräknade HC₅-värden och uppmätta värden (svarta staplar) samt Havs- och vattenmyndighetens riktvärden för sötvatten (gråa staplar). HC₅-värden är satta till index 1: Ett värde av 10 innebär att det är 10 gånger högre än HC₅, medan ett värde av 0,1 innebär att det är 10 gånger lägre. Notera att y-axeln är logaritmerad.

SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Det är tydligt att det finns otillräckliga data för att kunna fastställa skyddande föroreningskoncentrationer för majoriteten av de ämnen som vanligtvis påträffas i dagvattendammar. Ett fåtal arter dominerar de data som finns, men detta behöver inte riskera att driva resultaten i någon riktning såvida man fokuserar på metoder som inte använder sig av samma art mer än en gång i samma analys. Uppenbart är att det krävs fler ekotoxikologiska tester på amfibier utsatta för dagvattenrelevanta ämnen om man vill ha möjlighet att på bred front kunna jämföra uppmätta vattenkoncentrationer med beräknade skyddsvärden för amfibier. Detta skulle till exempel kunna vara fallet efter en bred testning av kemiska parametrar i en dagvattendamm. Har man bara HC₅-värden för ett fåtal av de ämnen som testats för så är det svårt att uttrycka sig om dammens lämplighet som habitat.

Värt att notera är att ett antal av Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för sötvatten ligger högre än HC₅-värden beräknade i denna studie. Detta kan innebära att de är otillräckliga för att erbjuda ett fullgott skydd för amfibiepopulationer och inte kan användas rakt av för att utvärdera ett habitats lämplighet för just denna taxonomiska grupp.

Å andra sidan är det positivt att inga av de uppmätta värden som påträffades överskrider beräknade HC₅. Detta kommer dock med två brasklappar: För det första är de uppmätta värdena inte tagna i dagvattendammar utan i anslutning till dem, vilket av naturliga orsaker bidrar till en del osäkerhet. För det andra är rena toxicitetsvärden bara en del av en större bild. Inga av de uppmätta värdena av glyfosat verkar exempelvis kunna påverka amfibier negativt i ett direkt avseende. Men en amfibie är inte heller den avsedda målorganismen för herbiciden glyfosat, och det är inte alls omöjligt att en koncentration som underskrider HC₅ för amfibier kan ha en negativ effekt på täckningsgraden och komplexiteten av vattenväxtlighet, vilket i sin tur skulle kunna öka predationstrycket på amfibierna. Sådana indirekta ekosystemeffekter bör man ha i åtanke.

Avslutningsvis kan det nämnas att även om undersökningen begränsade sig till föroreningar som sannolikt påträffas i dagvattendammar, så innebär inte detta att många av dem även kan finnas i relevanta koncentrationer i andra sorters vatten. Exempelvis kan små vatten i anslutning till marker med betesdjur uppnå koncentrationer av ammonium som tangerar eller överskrider HC₅. Fältstudier i Sverige och Danmark har visat på att reproduktion hos lökgroda (*Pelobates fuscus*) uteblir i vatten med koncentrationer överskridande 200 µg/L. På samma sätt kan de beräknade värdena för andra föroreningar appliceras i ett bredare sammanhang och inte enbart i relation till dagvattendammar.