



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin
och husdjursvetenskap**
Institutionen för biomedicin och veterinär
folkhälsvetenskap

Miljögifters påverkan på delfiners hälsa och överlevnad

- Individ och populationsnivå

Elvira Palmborg

*Uppsala
2016*

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

Delnummer i serien: 2016:65

Miljögifters påverkan på delfiners hälsa och överlevnad – Individ och populationsnivå

Effects of environmental contaminants on dolphin health status and survival – Individual and population level

Elvira Palmborg

Handledare: Gunnar Carlsson och Stefan Örn, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Examinator: Eva Tydén, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: grund nivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program: Veterinärprogrammet

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2016

Serienamn: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

Delnummer i serie: 2016:65

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: delfiner, miljögifter, PCB, DDT, PBDE, HCH, PFC, PAH, kadmium, kvicksilver

Key words: dolphins, environmental contaminants, PCB, DDT, PBDE, HCH, PFC, PAH, cadmium, mercury

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Summary	2
Inledning.....	3
Material och metoder	3
Litteraturoversikt	3
Miljögifter	4
Polyklorerade bifenoler (PCB).....	4
Diklorfenyltrikloretan (DDT).....	6
Polybromerade difenyletrar (PBDE)	7
Perfluorerade ämnen (PFC).....	7
Polyaromatiska kolväten (PAH).....	8
Hexaklorcyklohexan (HCH)	8
Kadmium.....	9
Kvicksilver	9
Diskussion	10
Populationsskillnader	11
Tidstrend.....	11
Koppling mellan halter och effekter.....	12
Slutsatser	12
Litteraturförteckning	13

SAMMANFATTNING

Delfiner är utsatta för många antropogena hot, där en av dessa är miljögifter. Bioackumulering och biomagnifiering uppstår ofta på grund av delfinernas höga position i näringskedjan och miljögifternas persistens, vilket resulterar i höga nivåer av föroreningar i späck. Detta kan i sin tur leda till olika toxiska effekter. Nivåerna i späcket kan byggas upp med åren och de högsta ses ofta hos äldre individer, särskilt de hanliga då de honliga överför mycket av sin toxikologiska börda till avkomman. Andra faktorer som påverkar upplagringen av miljögifter är bland annat den geografiska platsen de befinner sig i, arten och metabolismen. Den här litteraturstudien sammanställer vilka miljögifter som kan påverka delfiners hälsa och överlevnad, i vilken utsträckning samt vilka effekter dessa kan ha på den enskilda individen och på populationen i stort. Substanser som har uppmätts i höga halter hos delfiner är PCB, DDT, PBDE och kvicksilver, medan andra ämnen som PFC, HCH, PAH och kadmium ses i lägre nivåer. Många av dessa verkar ha liknande mekanismer och orsaka samma effekter, av vilka några är immunosuppression, reproduktion- och hormonstörningar, teratogenicitet, carcinogenicitet, neurotoxicitet och vävnadsskada. Ett tydligt och signifikant samband mellan höga koncentrationer av en substans och en viss effekt är svårt att fastställa, många andra faktorer måste tas i åtanke, något som gör det här till ett svårt område att studera. Dessutom uppmäts många ämnen samtidigt i ett och samma djur, vilket gör att möjligheten att dessa ämnen interagerar och tillsammans ger upphov till negativa effekter bör beaktas. Att dra grundade slutsatser blir då ännu svårare. Tidstrenden verkar tyda på en nedåtgång av halterna av många av dessa ämnen medan andra, till exempel PCB, fortfarande ses i mycket höga koncentrationer utan tecken på att sjunka inom den närmsta framtiden. De uppmätta halterna tillsammans med möjliga och observerade effekter indikerar på en trolig påverkan av dessa miljögifter, både hos den individuella delfinen och populationen i stort.

SUMMARY

Dolphins are subject to many anthropogenic threats, one of which is environmental contaminants. Bioaccumulation and biomagnifications often occur due to dolphins' high trophic level in the food chain and the persistence of many contaminants, resulting in high levels of contaminants in blubber, which in turn can cause toxic effects. Levels in blubber build up over the years and the highest are seen in older dolphins, especially the male ones since the females transfer much of their toxicological burden to their offspring. Other factors that will affect the storage of contaminants are the metabolism, the geographical place and the dolphin species. This study compiles which environmental contaminants that can affect dolphin health status and survival, as well as describes the effects and impact they might have on the dolphin and its population. Contaminants that are measured in high levels include PCB, DDT, PBDE and mercury, while other minor substances are PFC, HCH, PAH and cadmium. Many of these seem to function in similar ways and bring about many of the same effects, some of which are immune suppression, reproductive failure, endocrine disruption, teratogenicity, carcinogenicity, neurotoxicity and tissue damage. A clear cause and effect relationship between high levels of a substance and a certain effect is very hard to come by. There are often many other factors that need to be taken into consideration, which makes this a complicated area to study. Moreover, there are often many contaminants measured in the same animal and the possibility of them interacting and together causing negative effects need to be recognized, which makes it even harder to draw valid conclusions. The time trend seems to point towards a decline in the levels of several of these substances while others, PCB for example, are still observed in very high levels without indication of dropping anytime soon. The levels measured coupled with the possible, as well as seen, effects indicates a probable impact of these environmental contaminants, both on the individual dolphin and on the population as a whole.

INLEDNING

Delfiner är utsatta för många antropogena hot såsom bifångst, jakt och olika typer av miljögifter. Som långlivade toppkonsumenter kan deras hälsa utsättas för högt tryck då persistenta gifter som kan bioackumuleras och biomagnifieras i näringskedjan ofta återfinns i deras omgivning, något som kan orsaka stor toxisk stress (Mancia *et al.*, 2015). Många miljögifter är sedan långt tillbaka förbjudna eftersom en rad negativa hälsoeffekter som till exempel organförändringar, reproduktions- och immunsystemsstörningar upptäckts. Som en konsekvens av störningarna på immunsystemet sågs även en ökad mottaglighet för infektioner, vilket i vissa populationer ledde till massdöd. Trots denna begränsning i användning kan många gifter fortfarande uppmätas i höga halter hos marina däggdjur, där delfiner ofta visar de högsta koncentrationerna (Perrin *et al.*, 2009). Dessa höga nivåer har i vissa studier kunnat kopplas till negativa hälsoeffekter i olika delfinpopulationer runt om i världen, även om det ofta fortfarande krävs många fler studier som kan visa på signifikanta samband mellan gifter och hälsoproblem (Perrin *et al.*, 2009). Syftet med den här litteraturstudien var därför att ta reda på vilka miljögifter som inverkar på delfiners hälsa och överlevnad, i vilken utsträckning, samt vilka effekter olika substanser kan ge – både för den enskilda individen och för populationen i stort.

MATERIAL OCH METODER

Detta är en litteraturstudie där metoden bestått av att söka i databaser, varav de som använts flitigast har varit Web of Science och PubMed. Sökorden har främst varit (contaminants*) AND (dolphins*). Även (DDT OR PCB OR PBDE OR PFOS*) AND (dolphins*) AND (effects*) har använts för att hitta mer specifika artiklar om olika miljögifters effekter på delfiner. Referenser i lästa artiklar har utgjort ytterligare källor, såväl som hemsidor tillhörande statliga myndigheter och uppslagsboken *Encyclopedia of Marine Mammals* om marina däggdjur.

LITTERATURÖVERSIKT

Delfiner är vattenlevande däggdjur inom ordningen *Cetacea* (valar), underordningen *Odontoceti* (tandvalar), superfamiljen *Delphinoidea* och familjen *Delphinidae*. Familjen består av flera subfamiljer och många olika arter, däribland flasknosdelfin, strimmig delfin, späckhuggare och vanlig delfin (Perrin *et al.*, 2009). Delfiner finns utbredda över stora delar av världen men ses i störst utsträckning i varma breddgrader och tropiska klimat. De är alla sociala djur men gruppstorlekar kan variera från små, med bara några få individer, till stora med uppemot tusen individer. Socialt beteende är ofta dåligt studerat då många arter lever långt ifrån kusterna och är svåra att iaktta. Flasknosdelfiner och späckhuggare har emellertid studerats i större utsträckning då många lever förhållandevis nära land i små och stabila grupper. Den främsta informationen om beteende och tankemönster kommer dock från flasknosdelfiner i fångenskap. Olika studier har visat på att delfiner kan förstå komplexa kommandon och deras intelligens och beteendevariation fascinerar många forskare (Perrin *et al.*, 2009). Generellt är det mycket som är oklart när det gäller reproduktion men könsmognad verkar infalla mellan 6 och 16 års ålder beroende på art, och dräktighetstid tros vara mellan 9 och 16 månader. Delfiner är långlivade djur, även om det förekommer stora skillnader mellan

arter. Mindre arter tenderar att leva kortare med en livslängd på ca 20 år medan större arter kan leva upp till 60 år (Perrin *et al.*, 2009).

Delfiner är toppkonsumenter vilket betyder att de befinner sig högt upp i näringskedjan. Då många miljögifter bioackumuleras (ansamlas) och biomagnifieras (amplifieras) i näringskedjan leder det ofta till höga koncentrationer hos delfinerna. De är också extra känsliga då miljögifterna i regel är lipofila och lagras upp i fett. Delfiner har så kallat späck som är ett extra tjockt lager fett under huden som fungerar som isolering mot kyla. Späcket är deras största fettdepå och kan utgöra så mycket som 50% av kroppsvikten, och de lipofila miljögifterna hamnar till 70-95% i späcket (Perrin *et al.*, 2009). På grund av bioackumuleringen i fett kommer halter av olika gifter att stiga med åldern. Detta stämmer för de hanliga delfinerna men inte för de honliga. Fram tills att honorna har fått sin första kalv kommer de ha stigande koncentrationer med stigande ålder men i samband med den första dräktigheten stabiliseras eller sjunker halterna. De flesta miljögifter kan föras över via både placenta och vid laktation, vilket innebär att den toxikologiska bördan överförs från honan till ungen (Perrin *et al.*, 2009). De olika substansernas överföringsgrad varierar, rapporter om att så mycket som 80% av giftern förflyttas finns (Wells *et al.*, 2005), men oavsett verkar det i någon mån föras över till ungen (Dorneles *et al.*, 2008; Fair *et al.*, 2010; Perrin *et al.*, 2009). I störst utsträckning sker det via mjölk och mindre över placentan (Wells *et al.*, 2005).

Delfiner är också extra känsliga då de verkar ha en begränsad kapacitet att bryta ned många av dessa ämnen. En studie på valars kapacitet att bryta ned PCB, visade att deras förmåga var generellt mycket begränsad jämfört med landlevande däggdjurs. En avsaknad av vissa enzymer som kan inducera cytokrom P450-systemet, som metaboliserar bland annat toxiska ämnen, sågs. Något som tyder på ett begränsat system att ta hand om toxiska ämnen, vilket kan leda till en ackumulering och toxiska effekter (Tanabe *et al.*, 1988).

En ytterligare faktor som påverkar upplagringen av substanser är intaget, alltså dieten. Dieten kan skilja sig mellan unga och vuxna individer, och dessutom ses hos vissa delfinarter en annan diet hos lakterande honor jämfört med övriga honor i populationen. Den geografiska platsen där födan konsumeras spelar också roll för hur stor upplagringen blir. Närheten till civilisationen, såsom kusthabitat vid industrialiserade länder, utgör en ökad risk (Perrin *et al.*, 2009).

Miljögifter

Här följer en presentation av några av de ämnen som vanligtvis uppmäts och har setts ge effekter hos delfiner världen över.

Polyklorerade bifenoler (PCB)

PCB har varit mycket användbart inom industrin tack vare de egenskaper som det besitter och har bland annat ingått som mjukgörare i plaster och använts i kondensatorer och transformatorer som isolatorvätska. PCB är svårnedbrytbart, persistent i miljön, bioackumuleras och biomagnifieras i näringskedjan, samt har toxiska effekter på en rad djur.

På grund av detta är PCB numera förbjudet att användas i Sverige (Naturvårdsverket, 2014) och starkt reglerat på andra platser, såsom inom EU (European Commission, 2015).

Hos marina däggdjur har PCB setts störa reproduktionen, framförallt genom effekt på implantationen av embryot men även genom förändringar av reproduktionsorganen. Det har också identifierats som hormonstörande, immunosuppressivt och det tros kunna vara involverat i utbrott av epizootiska sjukdomar (Moray Firth Partnership., 2001). Populationen av strimmig delfin i Medelhavet var under 1990-1992 med om en massdöd då de drabbades av morbillivirus. I samband med detta uppmättes extremt höga nivåer av PCB i späcket hos de avlidna djuren. Mekanismen bakom är dock oklar, huruvida massdöden beror på att PCB på något sätt var involverat i sjukdomen eller om immunosuppression gjorde populationen mer mottaglig för virusinfektionen är inte fastställt (García-Álvarez *et al.*, 2014).

PCB har i många studier uppmätts i höga nivåer hos delfiner. Ett exempel är en studie på flasknosdelfiner från östra Atlanten, som utfördes mellan 1997 och 2011 på strandade individer på Kanarieöarna. Uppmätta värden av PCB var mycket höga, och i en jämförelse med tidigare fastställda tröskelvärden var dessa halter tredubbla. En typ av PCB observerades i extremt höga nivåer, vilket väckte oro. Inte heller sågs någon nedåtgående trend i ackumuleringen av PCB i det här området (García-Álvarez *et al.*, 2014). En ytterligare studie på nivåerna av PCB, den här gången på flasknosdelfiner på två ställen längs USAs östkust, visade halter som var som högst fem gånger tröskelvärdena (Fair *et al.*, 2010).

Samband mellan reproduktionsstörningar och PCB-halter undersöktes på flasknosdelfiner vid USAs sydöstkust. I studien observerades att juvenila honor, alltså honor som ännu inte fött en unge, löpte större risk för misslyckad reproduktion. Risken ansågs vara så hög att tre av fyra inte skulle få en överlevande första kalv på grund av exponeringen för PCB. Med nästkommande födslar minskade dock risken avsevärt, då mycket av PCB halterna överförts till den första kalven via placenta och laktation. Spekulation om tiden för den första lyckade parningen fördröjs på grund av PCB-bördan förekommer också. Mekanismen bakom det hela är ej klarlagd, och det är oklart om alla delfinarter är lika känsliga (Schwacke *et al.*, 2002).

En studie gjord på delfiner utanför Georgias kust, USA, undersökte effekter av PCB. En hög procent (26%) av de provtagna individerna uppvisade anemi. Minskade nivåer av sköldkörtelhormoner såsom fritt T4 och totalt T3 sågs också, i korrelation med ökande PCB koncentrationer. Dessutom observerades ökade halter leverenzymmer och elektrolyter, vilket kan tyda på lever och njurskador. Ytterligare iakttagelser inkluderade en negativ association mellan ökande PCB-halt och försämrat medfött och förvärvat immunsvar men där mekanismen är oklar. Det spekuleras om immunosuppressionen kan vara tyroidea-medierad eftersom en positiv korrelation mellan T-lymfocytproliferation och totalt T3 sågs, men en direkt påverkan av PCB är också en möjlig orsak. Oavsett mekanism kan ett minskat immunsvar och T-cellsproliferation leda till ökad mottaglighet för infektioner av främst virus men även bakterier, svampar och protozoer (Schwacke *et al.*, 2012).

Kopplingen mellan immunosuppression och PCB-koncentration undersöktes ytterligare i en *in vitro* studie på bland annat flasknosdelfin. Resultatet visade på en signifikant minskning av

lymfocytoproliferation med ökande PCB-halt. Olika PCBer i mixturer studerades också och tecken på additiva och synergistiska men även antagonistiska effekter sågs hos delfiner (Mori *et al.*, 2006). Att dra direkta slutsatser från *in vitro* studier eller studier på laboratoriedjur kan vara svårt, men de resultat som presenterats tyder på en negativ påverkan på immunsystemet vilket borde kunna ses även hos frilevande djur (Mori *et al.*, 2006).

Diklorfenyltrikloretan (DDT)

DDT är en insekticid som framförallt har använts som ett effektivt bekämpningsmedel mot malariamyggor. Det är en organisk förening med lång halveringstid som bioackumuleras och biomagnifieras i näringskedjan. Bioaktivering leder till bildning av den än mer toxiska metaboliten DDE, som ofta uppmäts hos djur. I början av 1970-talet förbjöds bekämpningsmedlet i Sverige då störningar i reproduktionen hos djur med höga halter av DDT och DDE upptäckts (Naturvårdsverket, 1999).

Flera molekylära mekanismer av toxicitet har identifierats hos DDT. Dessa inkluderar minskad transport av kalium över cellmembran, natriumkanalförändringar och hämning av Na^+/K^+ - och Ca^{2+} -pumpen, vilket påverkar impulshastigheten i nervtrådar. DDT och dess metaboliter har som nämnts ovan setts ge störningar i reproduktionen genom sina hormonrubbande mekanismer (de liknar det honliga könshormonet östrogen), minskad fertilitet och en ökad grad av missbildningar. Det tros även vara neurotoxiskt, teratogent och carcinogent (Moray Firth Partnership., 2001). Höga nivåer av DDT har uppmäts hos många marina däggdjur nu som då, inklusive delfiner. Till exempel har höga nivåer observerats hos kapspringare i Kaliforniaviken (Gallo-Reynoso *et al.*, 2015), och även hos flasknosdelfiner strandade på Kanarieöarna (García-Álvarez *et al.*, 2014).

När det gäller studier på samband mellan effekter och DDT-nivåer finns det begränsat med studier, men en undersökning av kopplingen mellan immunsvaret och DDT och PCB visade på att ett minskat immunsvaret korrelerade med ökande koncentrationer av de båda gifterna. Studier på laboratoriedjur har upptäckt en relation mellan minskat lymfocyt svar och minskat B-cells svar (T-cellsberoende och oberoende) på grund av exponering för DDT. Därmed dras slutsatsen att liknande resultat, med hänsyn till den genomförda studien, borde även kunna ses hos delfiner (Lahvis *et al.*, 1995). Likaledes sågs i en långvarig studie på flasknosdelfiner i Sarasota Bay, USA, ett signifikant samband mellan avtagande immunsvaret och stigande nivåer av DDT och dess metaboliter (Evans., 2013).

Nivåerna av DDT har en nedåtgående trend sedan användningen började regleras på 1970-talet, dock verkar halterna av dess främsta metabolit 4,4'-DDE ha tilltagit. Metaboliten uppmättes i mycket höga nivåer hos flasknosdelfiner utanför Charleston och Indian River Lagoon i USA. Stor överföring av DDT mellan moder och kalv observerades också, då de unga delfinerna hade 58-80% högre halter än de vuxna honorna. Då DDT är mer persistent än PCB när det väl absorberats, till följd av att det är svårare att bryta ned och har en högre affinitet för fett, ses nivåerna som oroväckande. Det fastställda tröskelvärde för misslyckad reproduktion var överstigen hos flera individer i studien, och även lägre halter än denna tröskel är kopplad till störningar av immunsystemet (Fair *et al.*, 2010).

Polybromerade difenyletrar (PBDE)

PBDE är en typ av bromerade flamskyddsämnen som kan finnas i brännbart material, såsom plaster, byggnadsmaterial och textilier, för att förhindra spridningen av brand. Strukturellt liknar PBDE PCB och har därmed i viss mån liknande egenskaper. Det är ett billigt flamskyddsmedel som har använts i stor utsträckning över hela världen, vilket har lett till en spridning i miljön som liknar den för DDT och PCB. Det betyder även att detta miljögift ansamlas i fettrik vävnad och bioackumuleras i näringskedjan (Karolinska Institutet, 2014). Biotransformationstester *in vitro* pekar på att PBDE skulle kunna vara ännu mer persistent än PCB (Moray Firth Partnership., 2001). Misstankar om huruvida PBDE kan orsaka allvarliga hälsorisker uppstod varpå två varianter förbjöds inom EU år 2004 (Karolinska Institutet, 2014). PBDE är hormonstörande och påverkar reglering av sköldkörteln samt steroidhormoner. Det finns viss bevisning för att det är carcinogent, då effekten observerats hos råttor. Likväl finns det tecken på att det har immunomodulerande egenskaper hos däggdjur (Moray Firth Partnership., 2001).

Hos flasknosdelfiner utanför Charleston, USA, uppmättes några av de högsta nivåerna av PBDE som observerats hos marina däggdjur. Flera studier tycks visa på att koncentrationerna är på väg nedåt men i många områden och hos flera arter i Nordamerika verkar det snarare finnas en stigande trend rapporterar Fair *et al.*, (2010). Laboratoriestudier har visat på hormonstörningar, neurotoxicitet, carcinogenicitet, immunomodulering och reproduktionsstörningar, vilket gör de höga halterna hos Charlestonpopulationen till ett orosmoment (Fair *et al.*, 2010). En studie på en utrotningshotad delfinart utanför Rio de Janerios kust fann även där höga halter av PBDE. Toxikologiska tröskelvärden har inte fastställts hos marina däggdjur varför bedömningen av halternas faktiska påverkan är svår att göra men de koncentrationer som uppmättes tros utgöra en risk för denna hotade art (Lavandier *et al.*, 2016).

En *in vitro* studie av eventuell påverkan av PBDE på immunsystemet hos flasknosdelfiner kunde inte visa på några signifikanta samband. Ökande PBDE-koncentrationer undersöktes i förhållande till immunsystemparametrar (NK cellaktivitet och lymfocytproliferation) och ingen tydlig koppling observerades. Dock rapporteras det att tidigare toxikologiska studier har visat på andra effekter redan vid låga koncentrationer såsom levertoxicitet, sköldkörtelstörningar och rubbningar i utvecklingen av nervsystemet (Wirth *et al.*, 2015).

Perfluorerade ämnen (PFC)

PFCer är en grupp med varierande användning, allt från impregneringsmedel för kläder och textilier till bekämpningsmedel, och ytbehandling av livsmedelsförpackningar. Det som karaktäriserar dessa ämnen är att de är fullständigt fluorerade, vilket innebär att de består av en kolkedja där varje väteatom istället ersatts med en fluoratom. De är persistenta i miljön (Naturvårdsverket, 2015) och bioackumuleras och biomagnifieras i näringskedjan. PFCer har visat kunna ge upphov till utvecklings- och neuroendokrin störningar (Houde *et al.*, 2006). En studie på tucuxidelfiner vid Brasiliens kust visade på några av de högsta nivåerna av PFC uppmätta hos valar. Överföring mellan hona och kalv observerades vilket utgör ett

orosmoment då dessa koncentrationer skulle kunna ge utvecklingsstörningar och ha teratogen effekt (Dorneles *et al.*, 2008).

2010 publicerades en studie på flasknosdelfiner utanför Charleston, USA, där koncentrationer av PFC studerats och setts vara generellt ganska låga även om några individer stack ut (Fair *et al.*, 2010). 2013 publicerades dock en studie av Fair *et al.* (2013) som i samma område undersökt nivåerna av PFC och effekterna av dessa och kunde konstatera att halterna var höga. Den här studien kunde också visa på flera kopplingar mellan PFC-halt och stimulering av både medfött och adaptiv immunsvar, samt förändringar i flera kliniska parametrar såsom leverenzymnivåer. Detta tyder på att exponering för PFC under en längre tid kan verka toxiskt på vävnader och kan ge störningar på immunsystemet (Fair *et al.*, 2013). En *in vitro* studie på exponering av PFCer hos flasknosdelfiner kunde dock inte visa på någon signifikant koppling mellan koncentration av PFC och immunomodulering (Wirth *et al.*, 2014).

Polyaromatiska kolväten (PAH)

PAHer är föreningar som bildas när organsikt material hettas upp eller förbränns ofullständigt, till exempel vid förbränning av kol och andra fossila föreningar. Gruppen innehåller flera hundra skilda ämnen, ett exempel är bens(a)pyren (Livsmedelsverket, 2015). I den marina miljön hittas de högsta koncentrationerna av PAH ofta i sediment. Då de är termolabila och ljuskänsliga bryts de lätt ned men i sediment kan de ligga ostört under långa perioder. De är lipofila ämnen som bioackumuleras i levande organismer men verkar inte biomagnifieras i näringskedjan (Moray Firth Partnership., 2001). PAH kan verka toxiskt på flera vävnadstyper, däribland njure, lever och hud, såväl som ha negativa effekter på immunsystemet. Vissa PAHer har bevisad carcinogen effekt, och misstankar om påverkan på hormonsystemet och reproduktionen förekommer (Moray Firth Partnership., 2001).

Få studier har mätt halterna och tittat på effekterna av PAHer men en studie på flasknosdelfiner som hittats strandade på Kanarieöarna tycktes kunna observera det i lägre nivåer, i förhållande till andra miljögifter (García-Álvarez *et al.*, 2014). Eftersom marina däggdjur har ett detoxifieringssystem (mixed function oxidase enzym system) för att bearbeta PAHer brukar det generellt inte ackumuleras och uppmätas i särskilt höga nivåer. Om det då uppmäts kan det vara ett tecken på att systemet blivit överbelastat. Metaboliter av PAH kan dock ackumuleras och ge toxiska effekter (Fair *et al.*, 2010). I en studie på flasknosdelfiner utanför sydöstra USA sågs PAHer i prover från späck, och skulle därmed kunna vara ett tecken på att systemet inte fungerar som det ska och att halterna kan leda till toxiska effekter. Det krävs dock ytterligare studier på vilka effekter som hänger ihop med vilka koncentrationer, för att ta reda på om och i sådana fall hur stor betydelse PAH har redan i låga koncentrationer (Fair *et al.*, 2010).

Hexaklorcyklohexan (HCH)

HCH är syntetiska kemikalier som använts som insekticid inom jordbruket. En typ av HCH är lindan, vilken är en av de farligare HCHerna på grund av dess persistens, bioackumulering och toxicitet. I havsmiljö är lindan relativt stabil och kvarstannar i sediment och vatten samt koncentreras i akvatiska organismer och ackumuleras på så sätt hos delfiner (Moray Firth

Partnership., 2001). Vissa källor påstår dock att HCH koncentrationer verkar minska med ökande nivå i näringskedjan (Dirtu *et al.*, 2016). Pålitliga data för vilken toxicitet HCHer har hos marina däggdjur saknas men de har visats kunna vara toxiskt för reproduktionen, hormonstörande, immunomodulerande och neurotoxiskt hos andra däggdjur och hos människa. I studien på flasknosdelfiner strandade på Kanarieöarna detekterade man HCHer, dock ej i särskilt höga halter (Fair *et al.*, 2010).

Kadmium

Kadmium (Cd) är en icke essentiell metall som ofta är toxisk redan vid låga koncentrationer. Källor till kadmium i miljön är framförallt förbränning av fossila bränslen, avfallsförbränning och metalltillverkning. Metallen är persistent och ackumuleras i sediment och i näringskedjan (Naturvårdsverket, 2015). Potentiella effekter av kadmium är anemi, hämmad eller fördröjd utveckling av gonaderna, njur- och leverskador och hämmad tillväxt. Det kan också vara en bidragande orsak till cancer samt har observerats ha hormon- och reproduktionsstörande effekter (Moray Firth Partnership., 2001) .

Höga värden av kadmium kunde påvisas hos strandade arter av valar, däribland flasknosdelfin, strimmig delfin, späckhuggare och spinndelfin, på stillahavsöarna i en studie gjord mellan 1997 och 2013. Stigande halter med stigande ålder noterades, med andra ord ett tydligt tecken på att kadmium bioackumuleras. De kadmiumhalter som uppmättes är sådana som överstiger tröskelvärdena för toxicitet och de högsta koncentrationerna sågs hos strimmig delfin och späckhuggare (Hansen *et al.*, 2016). Hansen *et al.*, (2016) rapporterar dock också om andra studier som har observerat ökade koncentrationer av kadmium utan tecken på toxicitet, vilket skulle kunna tala för att de marina däggdjuren har ett effektivare system för att hantera metallen än landlevande djur. Detta gör det svårt att dra slutsatser om hur mycket kadmium faktiskt påverkar delfinernas hälsa (Hansen *et al.*, 2016).

Kvicksilver

Kvicksilver (Hg) är också en icke essentiell metall med toxiska egenskaper vid låga koncentrationer. Precis som kadmium är den persistent i miljön och bioackumuleras i näringskedjan. Småskalig guldutvinning är idag den största utsläppskällan, men även förbränning av kol, avfallsförbränning och utsläpp från diverse industrier ligger bakom halterna (Naturvårdsverket, 2015). Oavsett form kan kvicksilver i den marina miljön göras om till det mycket toxiska metylkvicksilver genom bakteriell metylering, som sedan lätt ackumuleras hos levande organismer. Potentiella effekter av kvicksilver är mutagenicitet, neurotoxicitet och immunotoxicitet, och även reproduktions- och hormonstörningar finns rapporterade (Moray Firth Partnership., 2001). Metallen är också teratogen och carcinogen (García-Alvarez *et al.*, 2015).

Kvicksilvernivåerna i den marina miljön har tredubblats under de senaste decennierna rapporterar García-Alvarez *et al.*, (2015). Toxiska effekter av höga kvicksilvernivåer kan dels bero på kvicksilvret i sig och dels på efterföljande låga nivåer av selen. Selen motverkar kvicksilvertoxicitet samtidigt som det har andra funktioner i kroppen. Låga selenivåer kan därför innebära att andra funktioner blir lidande (García-Alvarez *et al.*, 2015). En studie på

strandade flasknosdelfiner på Kanarieöarna mellan åren 1997 och 2013 studerade kvicksilver halterna och såg en ökande trend. Andra observationer var att de äldsta och de yngsta individerna verkar utsatta för störst toxikologisk risk, då de yngsta uppvisade lägst kvicksilver- men också lägst selennivåer, medan det hos de äldsta individerna uppmättes de högsta nivåerna av kvicksilver. 10 av 29 prov (34,5%) som undersöktes översteg den lägsta toleransnivån för kvicksilver (García-Alvarez *et al.*, 2015).

En annan studie jämförde levande och döda individer av den nyligen upptäckta delfinarten *Tursiops australis* för att se om kvicksilver kan ha någon bidragande orsak till artens mortalitet. Bly, PCB, selen och arsenik uppmättes hos delfinerna såväl som kvicksilver. Det var dock endast kvicksilver som sågs i riktigt höga halter och de andra ämnena höll sig på nivåer som är lägre än de som sedan tidigare bedömts kunna ge toxiska effekter. Troligen är det en kombination av olika ämnen som gett påverkan men eftersom kvicksilver var det enda ämne som översteg tröskelvärden antogs det vara störst bidragande orsak till den toxikologiska bördan. Den totala mängden av metallen som observerades hos de döda individerna var 2,7 gånger högre än det som sågs hos de levande. Detta resultat i kombination med att de nivåer som uppmätts är sådana som tidigare sett ge toxiska effekter, visar en tendens till att kvicksilver bidrar till delfiners mortalitet (Monk *et al.*, 2014).

DISKUSSION

Det finns många fler olika miljögifter än de som tagits upp i den här litteraturstudien men det är omöjligt att rapportera alla. Många ämnen är dåligt undersökta och behöver katalogiseras och undersökas närmare. Det är därför möjligt och förmodligen mycket troligt att den toxikologiska bördan på delfiner är större än vad som tidigare framkommit. Det är fortfarande mycket som är okänt när det gäller effekter av de olika ämnena men det finns tecken på att många verkar på liknande sätt och det skulle kunna tänkas att dessa kan ha en additiv eller synergistisk effekt. Att då bortse från substanser för att de uppmätts i lägre koncentrationer kan vara ett misstag om man vill få hela bilden över den toxikologiska bördan. Oron för de olika miljögifterna var och en för sig existerar men ytterst lite finns studerat på variationen och interaktionen mellan de olika substanserna. Fler studier på kombinerade effekter och så kallade cocktaileffekter krävs. Fler studier överlag på effekter är nödvändigt för att riktigt förstå hur stor toxisk stress delfinerna befinner sig under. Det är dock svårt att studera på annat än laboratoriedjur då det inte är etiskt försvarbart att utföra experiment på dessa långlivade djur (Fair *et al.*, 2010). Studier på laboratoriedjur utgör sedan ett ytterligare problem då extrapolering av resultat inte alltid stämmer i verkligheten och kan betyda en överskattning eller underskattning av potentiella risker.

En annan svårighet är att man ofta tittar på strandade djur utan att jämföra resultaten med den levande populationen. Det kan göra det svårt att tolka om de nivåer som observerats hos de döda djuren faktiskt haft en påverkan på mortaliteten eller om de levande, friska djuren har samma halter och det inte utgör något problem. Det man är ute efter är ju att se om de avlidna djurens dödsorsak har något att göra med halterna miljögift. Kanske har PCB-halten som uppmätts gett upphov till en immunosuppression som lett till en ökad mottaglighet för infektioner som sedan lett till döden. Jämförs resultaten inte med den levande till synes friska

populationen blir det svårt att dra några sådana slutsatser, om inte någon typ av markör för immunsystemets funktion eller liknande samtidigt studeras.

Populationsskillnader

Viktigt att tänka på är att det finns regionala skillnader. Delfiner nära kusterna och på så sätt nära industrier utsätts för en större börda jämfört med delfiner ute på de öppna haven. Självklart förekommer miljögifter även ute på haven då gifterna är persistenta i miljön och ofta kan transporteras långa sträckor, men antagligen är det mycket lägre nivåer än nära civilisationen. Medelhavet är ett bra exempel på en geografisk plats som ligger i anslutning till flera industrialiserade länder och dessutom är det halvt slutet från andra hav dit annars gifterna skulle kunna diffundera. Halter av olika miljögifter uppmäts ofta i höga nivåer här (Evans., 2013; García-Álvarez *et al.*, 2014). Generellt hittas de högsta koncentrationerna av gifter som PCB och DDT hos marina däggdjur som lever i de industrialiserade delarna av Asien, Nordamerika och södra Europa, medan lägre nivåer ses hos arter i polarregionerna (Fair *et al.*, 2010).

Skillnader mellan olika delfinarter förekommer också. Överlag kan man ofta dra generella slutsatser för olika delfinarter då de ofta inte skiljer sig särskilt mycket. Det kan dock ändå tänkas finnas en viss skillnad, som i metabolisk kapacitet, hur mycket som ackumuleras eller liknande. Olika arter kanske lever på olika föda och på så sätt kan halterna av miljögifter skilja sig. Storleken på arten spelar också roll då mindre delfiner i regel har en högre nivå av gifter i förhållande till sin kroppsvikt än vad en större art har. Även eventuell skillnad i tid för könsmognad påverkar. Arter som når könsmognad vid yngre ålder har en fördel då honorna gör sig av med sin börda tidigare genom överföring till unger. Det innebär också en fördel för ungen tack vare att honan inte hunnit ackumulera lika höga nivåer av gifterna (Perrin *et al.*, 2009).

Tidstrend

För många miljögifter såsom PFCer, DDTer och HCHer verkar halterna i miljön och hos delfiner genomgå en avtagande trend. Den tidigare nedgången i PCB-nivåer verkar däremot ha avstannat på flertalet ställen (Law, 2014). En studie publicerad 2016 gjord på strandade och frilevande delfiner i europeiska vatten visade på fortfarande extremt höga nivåer av PCB i späcket hos strimmig delfin, flasknosdelfin och späckhuggare. Dessa nivåer översteg alla toxiska tröskelvärden som fastställts och kommer antagligen leda till minskningar i populationerna då patologiska fynd visade på immunosuppression med en ökad mottaglighet för infektiösa mikroorganismer. Exempelvis sågs pneumoni orsakat av både parasiter och bakterier, samt septikemier, som vanliga fynd hos både flasknosdelfiner och späckhuggare. Hos strimmig delfin i Medelhavet sågs ofta morbillivirus infektioner, något som tidigare lett till massdöd i populationen (Jepson *et al.*, 2016). Globala trender i PCB halter tyder på att dessa inte kommer sjunka förän framåt år 2050 (Evans., 2013). Dessutom upptäcks hela tiden nya substanser som skulle kunna utgöra ett hot, med insekticider som pyretroider som ett nytt exempel (Law, 2014).

Koppling mellan halter och effekter

Alla verkar vara överens om att halterna miljögifter som uppmäts är ett problem för toppkonsumenter som delfiner. Exakt hur stort detta problem faktiskt är återstår fortfarande att se då tydliga bevis saknas. Som framgår av litteraturstudien finns det en rad olika effekter av miljögifter. Immunosuppression som leder till ökad mottaglighet för infektioner, reproduktionsstörningar, hormonstörningar, teratogenicitet, carcero-genicitet, och allmän vävnadstoxicitet är några. Tydliga kopplingar mellan ett miljögift och effekter saknas i de allra flesta fall. PCB som är ganska flitigt studerat är det miljögift som har tydligast kopplingar mellan effekter såsom immunosuppression och reproduktionsstörningar och höga halter. Andra är mer otydliga eller icke överens om vad som gäller, som exempelvis vissa studier på PFCer som visar på en immunomodulerande effekt medan andra tycks ha bevis för att det inte har någon effekt på immunförsvaret. Generellt kan väl sägas att fler studier krävs för signifikanta kopplingar.

På individnivå utgör miljögifter ett problem medan det på populationsnivå antagligen generellt är ett mindre problem, troligtvis innebär det dock en svårighet i vissa populationer. Populationen av vanlig delfin i Medelhavet till exempel, var tidigare stor och blomstrande men idag är den listad som hotad. Som tidigare nämnts är Medelhavet en plats där det toxiska trycket av miljögifter är stort, och det kan tänkas att populationsminkningen kan till en viss del bero på halterna miljögifter (Perrin *et al.*, 2009).

Slutsatser

För stora delar av populationen verkar halterna av miljögifter inte vara ett stort hot mot deras överlevnad, men hälsoproblem och färre friska ungar har setts vilket framgår av denna litteraturstudie. Det är dock oklart exakt hur stort problem detta är då det är svårt att dra konkreta slutsatser på effekter av gifter, om det faktiskt är just de som påverkar eller om det finns andra bidragande faktorer. Ska man ändå försöka tolka alla de artiklar som lästs i den här studien och dra någon form av slutsats så skulle det vara att ja, ett antal miljögifter, där PCB verkar vara det allra största problemet, utsätter delfiner över hela världen för hälsorisker som potentiellt kan utgöra ett hot för deras överlevnad. Att de har en påverkan på delfiners hälsa och överlevnad verkar givet, hur stor påverkan det reellt faktiskt är, är svårt att avgöra.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Dirtu, A. C., Malarvannan, G., Das, K., Dulau-Drouot, V., Kiszka, J. J., Lepoint, G., Mongin, P. & Covaci, A. (2016). Contrasted accumulation patterns of persistent organic pollutants and mercury in sympatric tropical dolphins from the south-western Indian Ocean. *Environmental Research*, 146, pp 263–273.
- Dorneles, P. R., Lailson-Brito, J., Azevedo, A. F., Meyer, J., Vidal, L. G., Fragoso, A. B., Torres, J. P., Malm, O., Blust, R. & Das, K. (2008). High accumulation of perfluorooctane sulfonate (PFOS) in marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) from the Brazilian coast. *Environmental Science & Technology*, 42(14), pp 5368–5373.
- European Commission (2015-11-11). *Polychlorinated biphenyls and polychlorinated terphenyls (PCBs/PCTs)*. Available from: <http://ec.europa.eu/environment/waste/pcbs/>. [2016-03-21].
- Evans, P. G. H. (2013). Proceedings of the ECS/Aconbans/Accobams joint workshop on Chemical Pollution and Marine Mammals. ECS special publication series No.55. Available from: http://www.ascobans.org/sites/default/files/publication/Pollution_Proceedings_final.pdf.
- Fair, P. A., Adams, J., Mitchum, G., Hulsey, T. C., Reif, J. S., Houde, M., Muir, D., Wirth, E., Wetzel, D., Zolman, E., McFee, W. & Bossart, G. D. (2010). Contaminant blubber burdens in Atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from two southeastern US estuarine areas: Concentrations and patterns of PCBs, pesticides, PBDEs, PFCs, and PAHs. *Science of The Total Environment*, 408(7), pp 1577–1597.
- Fair, P. A., Romano, T., Schaefer, A. M., Reif, J. S., Bossart, G. D., Houde, M., Muir, D., Adams, J., Rice, C., Hulsey, T. C. & Peden-Adams, M. (2013). Associations between perfluoroalkyl compounds and immune and clinical chemistry parameters in highly exposed bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32(4), pp 736–746.
- Gallo-Reynoso, J. P., Malek, T. B., García-Hernández, J., Vázquez-Moreno, L. & Segura-García, I. (2015). Concentrations of DDE in blubber biopsies of free-ranging long-beaked common dolphin (*Delphinus capensis*) in the Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94(1), pp 6–11.
- García-Álvarez, N., Boada, L. D., Fernández, A., Zumbado, M., Arbelo, M., Sierra, E., Xuriach, A., Almunia, J., Camacho, M. & Luzardo, O. P. (2014). Assessment of the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine contaminants in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Eastern Atlantic Ocean. *Marine Environmental Research*, 100, pp 48–56 (Large marine vertebrates as sentinels of GES in the European MSFD).
- García-Álvarez, N., Fernández, A., Boada, L. D., Zumbado, M., Zaccaroni, A., Arbelo, M., Sierra, E., Almunia, J. & Luzardo, O. P. (2015). Mercury and selenium status of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): A study in stranded animals on the Canary Islands. *The Science of the Total Environment*, 536, pp 489–498.
- Hansen, A. M. K., Bryan, C. E., West, K. & Jensen, B. A. (2016). Trace Element Concentrations in Liver of 16 Species of Cetaceans Stranded on Pacific Islands from 1997 through 2013. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 70(1), pp 75–95.
- Houde, M., Bujas, T. A. D., Small, J., Wells, R. S., Fair, P. A., Bossart, G. D., Solomon, K. R. & Muir, D. C. G. (2006). Biomagnification of perfluoroalkyl compounds in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) food web. *Environmental Science & Technology*, 40(13), pp 4138–4144.
- Jepson, P. D., Deaville, R., Barber, J. L., Aguilar, À., Borrell, A., Murphy, S., Barry, J., Brownlow, A., Barnett, J., Berrow, S., Cunningham, A. A., Davison, N. J., ten Doeschate, M., Esteban, R., Ferreira, M., Foote, A. D., Genov, T., Giménez, J., Loveridge, J., Llavona, Á., Martin, V., Maxwell, D. L., Papachlimitzou, A., Penrose, R., Perkins, M. W., Smith, B., de Stephanis, R., Tregenza, N., Verborgh, P., Fernandez, A. & Law, R. J. (2016). PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. *Scientific Reports*, 6, p 18573.
- Karolinska Institutet (2014-02-03). *Polybromerade difenyletrar (PBDE)*. Available from: <http://ki.se/imm/polybromerade-difenyletrar-pbde>. [2016-03-19].
- Lahvis, G. P., Wells, R. S., Kuehl, D. W., Stewart, J. L., Rhinehart, H. L. & Via, C. S. (1995). Decreased lymphocyte responses in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) are

- associated with increased concentrations of PCBs and DDT in peripheral blood. *Environmental Health Perspectives*, 103 Suppl 4, pp 67–72.
- Lavandier, R., Arêas, J., Quinete, N., de Moura, J. F., Taniguchi, S., Montone, R., Siciliano, S. & Moreira, I. (2016). PCB and PBDE levels in a highly threatened dolphin species from the Southeastern Brazilian coast. *Environmental Pollution*, 208, Part B, pp 442–449.
- Law, R. J. (2014). An overview of time trends in organic contaminant concentrations in marine mammals: Going up or down? *Marine Pollution Bulletin*, 82(1–2), pp 7–10.
- Livsmedelsverket (2015-02-06). *Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)*. Available from: <http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/polycykliska-aromatiska-kolvaten-pah/>. [2016-03-21].
- Mancia, A., Abelli, L., Kucklick, J. R., Rowles, T. K., Wells, R. S., Balmer, B. C., Hohn, A. A., Baatz, J. E. & Ryan, J. C. (2015). Microarray applications to understand the impact of exposure to environmental contaminants in wild dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Genomics*, 19, pp 47–57.
- Monk, A., Charlton-Robb, K., Buddhadasa, S. & Thompson, R. M. (2014). Comparison of mercury contamination in live and dead dolphins from a newly described species, *Tursiops australis*. *PLoS One*, 9(8), p e104887.
- Mori, C., Morsey, B., Levin, M., Nambiar, P. R. & De Guise, S. (2006). Immunomodulatory effects of in vitro exposure to organochlorines on T-cell proliferation in marine mammals and mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A*, 69(3-4), pp 283–302.
- Naturvårdsverket (1999). *Organiska miljögifter, ett globalt problem*. Available from: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/91-620-9955-8.pdf>. [2016-03-21].
- Naturvårdsverket (2014-07-30). *PCB i miljön*. Available from: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/>. [2016-03-21].
- Naturvårdsverket (2015-04-24). *Perfluorerade ämnen i miljön*. Available from: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Perfluorerade-amnen/>. [2016-03-19].
- Naturvårdsverket (2015-05-25). *Fakta om kadmium och kadmiumföreningar*. Available from: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kadmium/>. [2016-03-21].
- Naturvårdsverket (2015-05-25). *Kvicksilver (Hg)*. Available from: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kvicksilver-Hg/>. [2016-03-21].
- Perrin, W. F., Wursig, B. & Thewissen, J. G. M. "Hans" (2009). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press. ISBN 978-0-08-091993-5. p. 115-120, 235-238, 275-289, 298-302, 890-898.
- Prepared for Moray Firth Partnership., By Nautilus Consultants. (2001). Environmental contaminants in the Moray Firth cSAC - A summary of the impacts/potential impacts on bottlenose dolphins and proxy species. Available from: <http://www.morayfirth-partnership.org/ext/extdocs/Centre/Environmental%20Contaminants%20and%20dolphins%20-%20A%20Summary%20of%20information.pdf>. [2016-02-25].
- Schwacke, L. H., Voit, E. O., Hansen, L. J., Wells, R. S., Mitchum, G. B., Hohn, A. A. & Fair, P. A. (2002). Probabilistic risk assessment of reproductive effects of polychlorinated biphenyls on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Southeast United States coast. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(12), pp 2752–2764.
- Schwacke, L. H., Zolman, E. S., Balmer, B. C., Guise, S. D., George, R. C., Hogue, J., Hohn, A. A., Kucklick, J. R., Lamb, S., Levin, M., Litz, J. A., McFee, W. E., Place, N. J., Townsend, F. I., Wells, R. S. & Rowles, T. K. (2012). Anaemia, hypothyroidism and immune suppression associated with polychlorinated biphenyl exposure in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 279(1726), pp 48–57.
- Tanabe, S., Watanabe, S., Kan, H. & Tatsukawa, R. (1988). Capacity and Mode of Pcb Metabolism in Small Cetaceans1. *Marine Mammal Science*, 4(2), pp 103–124.
- Wells, R. S., Tornero, V., Borrell, A., Aguilar, A., Rowles, T. K., Rhinehart, H. L., Hofmann, S., Jarman, W. M., Hohn, A. A. & Sweeney, J. C. (2005). Integrating life-history and reproductive success data to examine potential relationships with organochlorine compounds for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *The Science of the Total Environment*, 349(1-3), pp 106–119.

- Wirth, J. R., Peden-Adams, M. M., White, N. D., Bossart, G. D. & Fair, P. A. (2014). In vitro PFOS exposure on immune endpoints in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and mice. *Journal of applied toxicology: JAT*, 34(6), pp 658–666.
- Wirth, J. R., Peden-Adams, M. M., White, N. D., Bossart, G. D. & Fair, P. A. (2015). In vitro exposure of DE-71, a penta-PBDE mixture, on immune endpoints in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and B6C3F1 mice. *Journal of applied toxicology: JAT*, 35(2), pp 191–198.