



Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Miljögifter – ett hot mot isbjörnens överlevnad?

Jannike Ring



Självständigt arbete i veterinärmedicin, 15 hp

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2014: 72

Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Uppsala 2014



Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Miljögifter – ett hot mot isbjörnens överlevnad?

Pollutants – a threat to the survival of the polar bear?

Jannike Ring

Handledare:

Stefan Örn och Gunnar Carlsson, SLU, Institutionen för patologi

Examinator:

Eva Tydén, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program: Veterinärprogrammet

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: SLU Uppsala

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: Anna Stina Erlandsson

Serienamn, delnr: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr 2014:72
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Isbjörn, klimatförändring, miljögifter, organokloriner, PCB, DDT, kvicksilver, PFC

Key words: Polar bears, climate change, pollutants, organochlorines, PCB, DDT, mercury, PFC

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
SUMMARY	3
INLEDNING	5
MATERIAL OCH METODER	5
LITTERATURÖVERSIKT	5
Klimatförändringars påverkan	5
Näringsmässig och toxisk stress	5
Lokala utsläpp och introduktion av nya patogener	6
Påverkade transportvägar	6
Miljögifternas effekter	7
Organokloriner	7
Påträffade halter	7
Hälsoeffekter	8
Kvicksilver	9
Påträffade halter	9
Hälsoeffekter	9
Poly och perfluorerade ämnen (PFCs).....	10
Påträffade halter	11
Transportvägar	11
Hälsoeffekter	11
DISKUSSION	12
LITTERATURFÖRTECKNING	15

SAMMANFATTNING

De rådande klimatförändringarna drabbar Arktis och dess isbjörnar hårt. Smältande isar frigör miljögifter som i årtionden lagrats upp och kan nu ta sig in i och biomagnificeras i den marina näringskedjan, där isbjörnen som toppredator utsätts för hög toxisk stress. De försvinnande isarna utgör isbjörnens huvudsakliga jaktmark och detta skapar därför en ökad näringsmässig stress som bryter ned kroppens fettreserver och frisätter lagrade toxiska kemikalier i blodomloppet.

Klimatförändringarna skapar ett gästvänligare Arktis, vilket tros innebära en förhöjd mänsklig närvaro som kan ökade halterna av lokala utsläpp och en rubbad näringskedja. Även introduktionen av nya djurarter tros öka vilket tillsammans med närvaron av människor i sin tur kommer att orsaka en introduktion av nya patogener. Klimatförändringarna påverkar även havs- och luftströmmarna, vilket spås öka transporten av miljögifter till Arktis. Även biotransporten av miljögifter kan påverkas, då förlängda isfria perioder gör att migrerande djur kan dröja kvar längre i regionen.

Tre av de miljögifter som påträffas i högst halter av hos isbjörnar är organokloriner, kvicksilver och poly-och perfluorerande ämnen. Av organokloriner är det framförallt effekterna av PCB och DDT som studerats. Studier har visat samband mellan PCB och DDT och immunsuppression, reproduktion och hormonstörningar.

Kvicksilver är en lättflyktig metall som transporteras långa sträckor med luft-och havsströmmar. I sin organiska form metylkvicksilver anrikas det i näringskedjan och lagras upp i njurarna hos isbjörnen. Toxiska effekter som iakttagits är neurotoxiska störningar i utvecklingen av nervsystemet, negativa effekter på reproduktionen, hjärt-kärlsystemet, njur-och leverlesioner samt en ökad DNA-metylering.

PFC är ett samlingsnamn för flera hundra olika ämnen och för vilka desstoxicitet i många fall fortfarande är okända. Även detta miljögift sprids enkelt i miljön då det enkelt transporteras i vatten och mark, är svårnedbrytbart och bioackumulerande. Koncentrationerna i isbjörn är de högst uppmätta globalt sett. PFC är mycket stabila kemikalier vars C-F-bindning gör de okänsliga mot hydrolys, fotolys, biodegeneration och metabolism. PFC har visats vara reproduktionsstörande men vilka effekter de har på vilda djur är långt ifrån kartlagt.

Marina däggdjurs exponering av organokloriner och kvicksilver har övervakats under en längre tidsperiod än för andra djurarter – men få studier har gjorts av desseffekter på djurens hälsa. Resultatens uppskattade säkerhet är dessutom låg, då extrapolering görs mellan olika känsliga arter.

Klimatförändringarna i Arktis medför stora förändringar av isbjörnens naturliga habitat och bidrar i allra högsta grad till miljögifters spridning i området. Trots bristen på studier och

osäkerhet kring exakt vilka effekter miljögifter kan ha på isbjörnens hälsa står det utom allt tvivel att en fortsatt ökad exponering kommer att utgöra ett allt större hot mot dess överlevnad.

SUMMARY

The current climate changes strike hard against the Arctic and its polar bears. The melting ice releases pollutants, which for decades have been accumulated and now might enter the marine food web. Since the polar bears are top predators they are exposed to high levels of toxic stress. The ices make out the main hunting areas for the polar bear why its vanishing creates increased levels of nutritional stress that in turn decomposes the body's fat reserves and thereby releases stored toxic chemicals in the circulatory system.

The climate changes create a more hospitable Arctic that is believed to increase the human presence, which might intensify the content of local contamination and alter the food web. An increased introduction of new species is also held as a possible outcome of a warmer climate, which together with the magnified human presence might produce an introduction of new pathogens. Climate changes also affect the water and air currents that may result in increased transportation of pollutants to the area. The bio transportation of pollutants may be altered as well, due to the extension of ice-free periods in the area, which makes it possible for migrating animals to linger in the Arctic.

Three of the highest levels of pollutants found in the polar bears are organochlorine, mercury and poly- and perfluorinated compounds. Of the organochloric compounds, the effects of PBC and DDT have been subject to most studies. Research has shown a connection between PBC and DDT and immunosuppression, reproduction and hormonal disorder.

Mercury is very volatile in its nature and can be transported over long areas with the air and water currents and can't be decomposed. In its organic form methylmercury enters the marine food web and accumulates in the polar bear's liver. Toxic effects have been observed such as neurotoxic disturbance of the development of the nerve system, negative effects on reproduction, circulatory system, kidney and liver lesions and increased DNA-methylations.

PFC gathers hundreds of different toxic substances whose toxicity in many cases still remains unknown. This pollutant share similarities with the other two mentioned; it easily spreads in the environment, is hardly decomposed and is bio magnified in the marine food web. The concentration of PFC found in polar bears is the highest measured globally. The PFC compounds are very strong chemicals whose C-F binding makes them resistant to hydrolyse, photolysis, bio degeneration and metabolism. They have shown to create reproduction disturbances but what effects they have on wild animals are far from being charted.

Marine mammals' exposure to organochlorines and mercury has been surveyed for a longer time span than on any other species – but fewer have studied the pollutant's effects on animals' health. Furthermore, the certainty of the results is low since many tests have been made through extrapolation between different sensitive animals and species.

The climate changes in the Arctic bring severe changes to the polar bear's natural habitat and will to the highest extent contribute to the spread of pollutants in the area. Despite the lack of studies and uncertainty about exactly what impact the pollutants can have on the polar bear's health, it is beyond doubt that the continued increase in exposure will pose a serious threat to the polar bear's survival.

INLEDNING

Isbjörnen står inför en stor prövning då isen på Arktis under sommarhalvåret smälter bort på allt större områden och under längre perioder som en följd av den globala uppvärmningen, vars magnitud här är dubbelt så stor än det globala genomsnittet (Butt et al., 2010). Detta kan vara ett hot mot isbjörnens överlevnad då isen är isbjörnarnas jaktmarker och det blir allt svårare för dem att hitta mat (Macdonald et al., 2005). Isbjörnen klassades 2008 som "threatened" i Endangered Species Act (Sitar-Gonzalesa et al., 2012). Runt 2050 beräknas isbjörnspopulationen minskat med 2/3 till följd av det förändrade klimatet (Sonne, 2010).

Samtidigt har forskning länge visat på en hög ansamling av miljöföroreningar på Arktis som förts hit via luft och vattenströmmar (Butt et al. 2010). Vissa halter har till följd av reglering avstannat och andra ökar fortfarande (Dietz et al., 2013a).

Den här studien syftar till att undersöka klimatförändringarnas inverkan på miljögifternas spridning på Arktis samt hur dessa miljögifter kan komma utgöra ett bidragande hot mot isbjörnen överlevnad.

MATERIAL OCH METODER

Jag har använt mig av databaserna Google Scholar och Web of Science för att söka efter vetenskapliga artiklar och websidor. Mina sökbegrepp har varit polar bear*ANDpollution*, polar bear*AND"heavy metals", polar bear*ANDhealth, polar bearANDPOP, arcticANDpollution*. Förutom att söka på samma sökord på Science Direkt har jag även sökt på "author name" Sonne. Namnet fann jag i referenser från texter jag hittat på Google Scholar och Web of Science. Jag har även använt mig av Livsmedelverket och Artic Monitoring Assesment Programswebsidor.

LITTERATURÖVERSIKT

Klimatförändringars påverkan

Allt mer forskning tyder på att allt fler miljögifter påträffas hos de marina djuren på Arktis (Gabrielsen, G.W., 1998). Dessa kommer inte från lokala utsläpp, utan har transporterats med luft-och havsströmmar från avlägsna länder och industrier. Även biotransport ligger bakom förekomsten av miljögifter då migrerande djur via sin avföring, urin, sina ägg, kadaver och som bytesdjur sprider gifterna till den nya omgivningen (Macdonald et al., 2005). Något som dessutom tros komma ha stor effekt på de marina djurens exponering för miljögifter är de rådande klimatförändringarna. Den inledande delen av litteraturöversikten syftar till att undersöka vilka dessa förändringar är och hur de kan komma att påverka Arktis isbjörnar.

Näringsmässig och toxisk stress

Klimatförändringarna har redan satt sina spår i Arktis. Som en konsekvens av en förhöjd medeltemperatur har redan 10 % av isen smält bort och dess uppbrytning om våren kommer allt

tidigare (Sonne, 2010). Detta medför en potentiell förhöjning av halter miljögifter då dessa, som i årtionden lagrats upp i isen, släpps fria och kan nu ta sig in i den marina näringskedjan (Burek et al., 2008). Via biomagnifiering ansamlas halterna fettlösliga miljögifter och koncentreras högre upp och högre upp i näringskedjan. Marina organismer tar upp föroreningar direkt från havsvattnet och utgör sedan föda för arter högre och högre upp i näringskedjan. Eftersom isbjörnen är toppredator i den marina näringskedjan är de den mest utsatta arten och har påträffats med oroväckande höga halter miljögifter (Gabriellsen, G.W., 1998).

Samtidigt innebär ismältningen att isbjörnens jaktmarker hotas, då det är på isen de jagar sin huvudsakliga föda, sälarten vikare. Blodprover har visat på ett stigande antal fastande individer och de förlorade jaktmarkerna tros vara en bidragande orsak till detta (Sonne, 2010). Då isbjörnen utsätts för tider av fasta skapas en näringsmässig stress vilket bryter ned kroppens fettreserver och de upplagrade halterna av fettlösliga miljögifter som ackumulerats i fettet frisätts i blodomloppet. Både den näringsmässiga och den toxiska stressen leder till en sämre kroppskondition och ett nedsatt immunförsvar (Burek et al., 2008).

Lokala utsläpp och introduktion av nya patogener

Temperaturförändringarna alstrar även ett allt mer gästvänligt Arktis, vilket delvis kan komma att innebära en ökad mänsklig närvaro. Detta eftersom ett varmare klimat möjliggör odling, lantbruk, utökad turistnäring samt jakt- och fiskeindustri, samtidigt som isminskningen öppnar upp för nya transportvägar för lastfartyg (Macdonald et al., 2005). Detta tros leda till att de lokala utsläppen tilltar, en tilltagande interaktion mellan människa och isbjörn samt en eventuellt rubbad näringskedja (Burek et al., 2005).

En stigande temperatur förmodas även bidra till ökad introduktion av nya djurarter som nu skulle kunna överleva i det annars stränga klimatet. Introduktionen av nya djurarter och den ökade mänskliga närvaron kan inte bara bidra till en ökad spridning av miljögifter utan även till introduktionen av nya patogener: bakterier, virus, parasiter. Zoonotiska sjukdomar som kan infektera marina däggdjur däribland isbjörn och bör beaktas, är *Brucella* sp, influensa A, *Giardia* sp, *Leptospira* sp och West Nile virus (Burek et al., 2008).

Påverkade transportvägar

Klimatförändringarna kan få konsekvenser för miljögifternas ursprungliga transportvägar till Arktis. Den stigande temperaturförändringen tillsammans med ett förändrat lufttryck över området kommer att förstärka de luft- och havsströmmar som för med sig gifterna från avlägsna utsläpp (Burek et al., 2008). Prevalensen av stormar under vinterhalvåret kommer även att öka, vilket medför att fler toxiska partiklar i atmosfären kommer att deponeras ner till marken (Macdonald et al., 2005). Biotransporten kommer likaså att påverkas då utdragna isfria perioder under sommarhalvåret innebär att migrerande djur, däribland valar som utgör en betydande del av

biotransporten, kan dröja sig kvar i regionen istället för att som tidigare migrera söderut, då istäcket breder ut sig (Burek et al., 2008).

Miljögifternas effekter

Klimatförändringarnas inverkan på den arktiska miljön kan få en markant inverkan på isbjörnens exponering för miljögifter. Flera olika faktorer spelar in på vilka halter av miljögifter som kan hittas i olika individer, såsom kön, ålder, säsong, näringsstatus, födoval och biologiska faktorer, som metabolisk kapacitet. Olika djurarter och individer har olika förmåga att metabolisera olika ämnen och vissa kan för samma ämne göra det oskadligt medan andra kanske gör det ännu mera bioaktivt och toxiskt. (Skaare, 1996). Den här delen av studien syftar till att närmare undersöka vilka dessa gifter är och de konsekvenser dessa kan tänkas få för isbjörnen. Studien avgränsar sig till att behandla tre av de gifter som drabbat isbjörnen mest: *Organokloriner*, *kvicksilver* och *poly-och perfluorerade ämnen*(PFCs) (Skaare, 1996).

Organokloriner

Organokloriner är lipofila, persistenta, biomagnifierande kemikalier som kan sprida sig oerhört lätt i miljön över långa distanser och klassificeras därför som Persistent Organic Pollutants-ämnen. Sedan lång tid tillbaka har organoklorider påträffats i höga halter i fettvävnaderna hos de marina däggdjuren på Arktis (Skaare, 1996). Eftersom isbjörnens prefererade föda är vikares späck och skinn får de i sig höga halter av dessa miljögifter (Skåre, J. et al., 1994).

Det är pesticiden DDT och industrikemikalen PCB som legat till grund för de flesta av studierna av toxiska kemikaliers effekter på marina däggdjur däribland isbjörnar. Där framförallt immunsuppression, reproduktion och hormonstörningar har kunnat kopplas till dessa ämnen (Burek et al., 2008).

Påträffade halter

Organokloriner utsöndras med modersmjölken och passerar placenta till fostret, detta gör att miljögifterna ärvs i generation till generation (Skåre, J. et al., 1994)och att hanar har större halter av organiska miljögifter i sig eftersom de inte kan göra sig av med dessa på samma sätt (Gabrielsen, G.W., 1998). I en studie av organokloriner hos isbjörn mellan 1987 och 1994, sågs alarmerande höga nivåer av PCB hos isbjörnen, där hanarna hade signifikant högre nivåer än honorna (Skaare, 1996). Samma studie visade att halterna av DDT i isbjörn var relativt låga.

På 1970 talet förbjöds nyproduktionen av PCB, och år 2010 var halterna i isbjörn en tredjedel av de som uppmättes i början av 80 talet. Den skarpaste sänkningen sågs framförallt hos unga isbjörnar följt av isbjörnshonor, medan det hos hanarna inte kunde ses någon sänkning. Den största sänkningen skedde mellan 1983-2000, därefter planade den sjunkande trenden ut och höga halter finns än kvar på Arktis och på vissa platser kan det t.o.m. ses en stigande trend (Dietz et

al., 2013a). Halterna av DDT har under samma tidsperiod sjunkit hos båda könen, även om sänkningen hos hanarna var mycket liten. Störst sänkning sågs hos unga isbjörnar oavsett kön (Dietz et al., 2013a).

DDT har förbjudits i många länder men fortsatt användning ses i Asien, Centralamerika och Afrika. I och med den globala uppvärmningen kommer vektorer som mygg att gynnas och användningen av DDT kommer troligtvis att öka. Då spridningen av Persistent Organic Pollutants-ämnen, är ett utbrett globalt problem, undertecknade 151 länder år 2004 den internationella samarbetsplanen ”Stockholmskonventionen om långlivade organiska föreningar, Persistent Organic Pollutants, med syfte att fasa ut nyproduktionen och utsläppen av dessa ämnen (Hagen et al., 2005).

Hälsoeffekter

Studier baserade på analyserade leverprover har visat på en uppreglering av det metaboliska enzymet CYP-450 hos isbjörnen, som korrelerade positivt med halten PCB i levern. Detta indikerar att isbjörnen kan metabolisera PCB och kan därmed utsättas för reaktiva toxiska metaboliter. Denna uppreglering kan även ge effekter på reproduktionen genom att könshormonerna påverkas (Sonne, 2010). Samtidigt har andra studier visat på en positiv korrelation mellan progesteronkoncentration och halten PCB i isbjörnshonor med ungar och en negativ korrelation mellan halten PCB och testosteron i hanar (Sonne, 2010). Något som ytterligare förväntas påverka på reproduktionen negativt är deformation av könsorgan. Bland annat har megaklitoris och förminskade könsorgan påträffats hos isbjörn. Hos hanar har en förminskad testis starkt korrelerats med en subkutan halt av organokloriner, framförallt DDT. Hos honor har ett omvänt förhållande genom förstoring av ovariernas och uterus storlek korrelerats till en subkutan hög halt av organokloriner, framförallt PCB (Sonne, 2010).

Organokloriner har en immunosupprimerande effekt med störd B-cells produktion av antikroppar, samt nedsatt aktivitet av NK-celler och makrofager, vilket sänker både det förvärvade och det medfödda immunförsvarets aktivitet. Denna effekt av organokloriner har länge varit känt och har även nu konstaterats på isbjörn. Bland annat har en negativ korrelation mellan organokloriner och koncentration av IgG i blodplasma kopplats. Den immunosupprimerande effekten tros medieras genom störningar i neuro-endokrina banor samt en rubbad vitaminbalans (Sonne, 2010). Det har även konstaterats att isbjörnens koncentration av PCB i blodplasman medför en negativ korrelation med den fria koncentrationen av tyroideahormonet T4 och halten av vitamin A. Dessa är vitala för prenatal utveckling av nervsystemet, tillväxt, reproduktion, huden och immunförsvaret (Sonne, 2010).

I isbjörn har höga halter av stresshormonet kortisol kopplats till organokloriner, men eftersom isbjörnarna många gånger jagats med helikopter innan blodprov tas kan detta påverka testresultaten. Dessutom är den för isbjörn normala halten kortisol är inte känd och inga

morfologiska förändringar av binjurar har hittats (Sonne, 2010). Men organokloriner tros i kombination med ålder ge störningar i hypofys och hypotalamus, vilket kan leda till en ökad frisättning av hormon från paratyroidea och av kortisol från binjuren (Sonne, 2010). Bendensitet och komposition påverkas av de ökade halterna av kortisol och paratyroideahormoner vilket medför en ökad benresorption och minskad benbildning (Sonne, 2010). Skallar från isbjörn som samlats mellan 1999-2010 har undersökts och jämförts med skallar från 1920-1936. I denna undersökning kunde konstateras att skallarna under den senaste tidsperioden vart mindre till storlek och haft en lägre bendensitet. Vilket skulle kunna tyda på en onormal halt av kortisol (Sonne et al., 2013).

Njur-och leverlesioner har hittats på isbjörn. Multipla studier har gjorts på miljögifters toxicitet på dessa organ och skadorna har kunnat kopplas till höga halter av organokloriner. Men dessa skador kan inte särskiljas från skador orsakade av andra miljögifter, ålder eller infektionspatogener (Sonne, 2010).

Kvicksilver

Kvicksilver tillhör gruppen tungmetaller och är ett av de farligaste miljögifterna, bl.a. eftersom de inte är nedbrytbara utan cirkulerar i ett ständigt kretslopp (Kemikalieinspektionen, 2013a). De senaste 150 åren har allt högre halter påträffats hos predatorerna i toppen av näringskedjan, hos både djur och människor (Dietz et al., 2013c). En ny konvention antogs 2013 av 150 länder där begränsningar och förbud mot användning av kvicksilver i industrin och produkter utfärdades. Dessa kommer att gälla från och med 2020 (Kemikalieinspektionen, 2014a).

Påträffade halter

Halterna av kvicksilver i isbjörn är idag nära de gränsvärden som är utarbetade för människor. Om halterna ökar i samma takt kommer gränsvärdet att överskridas runt år 2030 (Dietz et al., 2013c). Av de påträffade halterna uppskattas över 95 % vara antropogent, dvs. framställt av människan (Mercury Rising, 2011) – detta trots att industrierna ligger långt bort från regionen. Då kvicksilver till sin natur är lättflyktigt kan det färdas långa avstånd i atmosfären (Kemikalieinspektionen, 2013a). Från gruvindustrierna och sotpipars utsläpp i vattnet och genom förbränning av kol transporteras de i höga halter till Arktis via de tilltagande havs-och luftströmmarna (Mercury Rising, 2011).

Hälsoeffekter

Kvicksilver kan via naturliga processer ombildas till metylkvicksilver, en organisk form som tas upp till 95 %, en stor skillnad mot de 15 % som kan tas upp från dess oorganiska form. Det är framförallt metylkvicksilver som anrikas och biomagnificeras i näringskedjan genom förtäring av fisk och marina däggdjur. Det uppta sava tarmen och förs med blod och lymfa till de organ som antingen demetylerar, lagrar eller exkreterar det (Dietz et al., 2013c).

Hos de flesta marina däggdjuren lagras demetylerat kvicksilver framförallt i levern, medan det hos isbjörn och landlevande däggdjur ansamlas i njurarna (Dietz et al., 2013c). Även i isbjörnar påträffats med både njur-och leverlesioner, men studier visar att detta förutom kvicksilverhalten även beror på mikropatogener och ålder (Dietz et al., 2013c). Isbjörnen tros även ha egenskaper att extrahera metylkvicksilver med växande päls, urin och faces. Dessutom har det visats att selen, en nutrient som isbjörnarna tar upp via födan (Dietz et al., 2013c), binder till kvicksilver, vilket antas kunna skydda mot de ansamlade toxiska koncentrationerna av metylkvicksilver i lever och njurar (Sonne, 2010).

Metylkvicksilver har även visats kunna passera blodhjärnbarriären (Kemikalieinspektionen, 2013a) där det verkar neurotoxiskt. På isbjörn har en negativ korrelation mellan kvicksilver och N-metyl-D-aspartate-receptorer konstaterats vilket i sin tur påverkar reproduktionen, då glutamat som binder till dessa receptorer stimulerar frisättningen av gonadotropinfrisättande hormon och luteinfrisättande hormon. En neurotoxisk förändring tros även kunna påverka isbjörnarnas förmåga att läsa av och anpassa sig till miljöförändringarna (Sonne 2010). Studier har dessbättre visat att halterna i hjärnan än så länge varit relativt låga, vilket tros bero på att isbjörnar prefererar att äta vikares skinn och späck, där kvicksilverhalten är lägre än i njurar, lever och skelettmuskulatur (Basu et al. 2009).

Höga halter av metylerat kvicksilver är särskilt farligt eftersom det kan överföras till fostret (Kemikalieinspektionen, 2013a). På isbjörn har fosterskador konstaterats med störningar i utvecklingen av nervsystemet. Dessutom har en ökad DNA-metylering hos isbjörnar med hög totalhalt kvicksilver observerats, vilket ärvs och kan komma att påverka genuttrycken hos avkomman (Basu et al. 2009).

Poly och perfluorerade ämnen (PFCs)

PFC är ett samlingsnamn för poly-och perfluorerade ämnen. I gruppen ingår flera hundra ämnen där toxiciteten för de flesta av dem fortfarande är okänt. (Kemikalieinspektionen, 2014b). Dessa ämnen är en grupp kemikalier som används som processhjälpmedel i industrin, impregneringsmedel i bl.a. tyg och papper och finns även i brandsläckningsskum (Kemikalieinspektionen, 2014b). De är mycket stabila kemikalier vars C-F-bindning gör de okänsliga mot hydrolys, fotolys, biologisknedbrytning (biogradering) och metabolism (Rigét et al., 2013). Vissa har höga bioackumulerande egenskaper samtidigt som de rör sig lätt i vatten och mark (Kemikalieinspektionen, 2014b). Detta gör att PFCs spridits sig globalt – de senaste 50 åren har ökande halter påträffats (Butt et al., 2010).

Påträffade halter

Den senaste tiden har en exponentiell ökning i den Arktiska näringskedjan observerats, där isbjörnen påträffats med några av de globalt sett högst uppmätta koncentrationerna (Butt et al., 2010). På östra Grönland har ökningen uppgått till hela 27 % per år (Galatius et al., 2013).

Två av de vanligaste miljökontaminanterna som tillhör gruppen PFC är PFOS och PFOA (Greaves et al., 2012). Halterna av PFOS dominerar i vilda djur (Galatius et al. 2013) och hittades i isbjörn för första gången 2001. PFOS är ett persistent, bioackumulerande och toxiskt (Butt et al., 2010). PFOS och dess prekursorämnen är sedan tidigt 2000-tal reglerade i de flesta länder och är idag oftast ersatta med andra ämnen som inte är bioackumulerande (Kemikalieinspektionen, 2014b). År 2004 inkluderades det på listan av nya miljökontaminanter som övervakas av *Arctic Monitoring and Assessment Program* och år 2005 även i Stockholmskonventionens lista på möjliga Persistent Organic Pollutants (Butt et al., 2010).

Halterna av PFC var som högst i isbjörn och vikare på Arktis under 2006 och har sedan dess minskat som en respons på dessa regleringar, i sydligare breddgrader har en minskande halt kunnat iaktas tidigare. Denna senare respons tros orsakas av de långa transportvägarna. Lagtiden, alltså den fördröjda responsen i tid, på Arktis mest avlägsna platser har uppmätts upp till 10 år, men på senare tid har en minskning PFC även påvisats här (Rigét et al., 2013). För det största utsläppet av PFOS under perioden 1950-2001 stod ett enda företag för, 3M Company i USA (Butt et al., 2010), som fortsatte släppa ut PFOA fram till 2008 (Galatius et al. 2013). Utsläpp av PFC förekommer fortfarande i andra delar av världen. (Butt et al., 2010).

Transportvägar

Utsläpp av PFC från industrin som en biprodukt vid produktionen av fluorokemikalier klassas som en direkt källa, medan utsläpp av PFC-prekursorer klassas som en indirekt källa (Butt et al., 2010). Sedan 2001 har många undersökningar gjorts för att uppskatta halterna av PFC i miljön och transportvägarna till Arktis. Transportvägen är inte helt klarlagd än så länge, men två vägar är allmänt vedertagna. Den ena tros vara genom industrins utsläpp av prekursorer som via oxidationsnedbrytning i atmosfären bildar PFC och förs långa distanser med luftströmmarna till Arktis. PFC har även en egenskap att bilda anjoner, särskilt i akvatiska miljöer, vilket gör den mer vattenlöslig och anpassad till att färdas med havsströmmar (Butt et al., 2010).

Hälsoeffekter

PFC ackumuleras precis som kvicksilver framförallt i lever och njurar, detta på grund av att PFC binder till blodproteiner (Galatius et al. 2013). Endast mycket små halter av PFOS har i vikare funnits i deras fett till skillnad från exempelvis dess lever och njurar (Butt et al., 2010). PFC har i isbjörn hittats i hjärnan vilket tyder på att de kan passera blod-hjärnbarriären (Greaves et al., 2012). De passerar även placenta och en stor del av moderns halter övergår till fostret och

indikationer på att dessa har en prenatalskadande effekt har påvisats (Kristensen et al., 2013). PFC har rapporterats ha en neurotoxisk effekt (Galatius et al., 2013), men om de har det på isbjörn är oklart (Greaves et al., 2012). Däremot har de visats ha en reproduktionsstörande effekt där isbjörnshonornas första menstruationscykel menarke skjuts upp. Det är än så länge oklart om uppskjutandet av puberteten på grund av PFC orsakas av direkta skador på reproduktionsorganen, eller om det orsakas av skador i hypofys eller hypotalamus vilket kan ge en hormonstörning (Kristensen et al., 2013). PFC tros även kunna ge leverskador, även om inga signifikanta korrelationer mellan dessa har påträffats. Liksom för organokloriner och kvicksilver kan inte dessa lesioner särskiljas från de orsakade av andra miljögifter, infektionspatogener eller ålder. Effekterna av PFC på vilda djur är långt ifrån klarlagda då väldigt få undersökningar genomförts (Sonne, 2010).

DISKUSSION

En mängd studier har visat på klimatförändringarnas inverkan på miljögifters spridning i Arktis. Temperaturförändringarna innebär att smältande isar frigör höga koncentrationer av upplagrade miljögifter (Macdonald et al., 2005); närvaron av migrerande djur förlängs och influerar biotransporten (Burek et al., 2008); luft- och havsströmmar förändras och bidrar till att transporten av avlägsna utsläpp ökar (Burek et al., 2008); ett gästvänligare klimat ökar den mänskliga närvaron och medför stigande halter av lokala utsläpp (Macdonald et al., 2005). Men klimatförändringarna inverkar inte bara spridningen av miljögifter i miljön utan har även en direkt påverkan på hur isbjörnen exponeras för dessa.

Organokloriner, kvicksilver och PFC delar alla egenskapen att de lätt sprids i miljön och har bl.a. via havs- och luftströmmar transporterats till Arktis. Dessa miljögifter anrikas sedan genom biomagnifikation i den marina näringskedjan och har hittats i höga halter hos isbjörnen (Kemikalieinspektionen, 2014b), (Butt et al., 2010), (Mercury Rising, 2011), (Kemikalieinspektionen, 2013a), (Dietz et al., 2013c), (Skaare, 1996). Som toppredator är den extra utsatt för förändringar i näringskedjan, vilket skulle kunna bli konsekvensen av en ökad mänsklig närvaro, introduktion av nya djurarter och patogener. Om näringskedjan rubbas kan många arter tvingas byta födovävanor vilket i sin tur kommer få direkta effekter för isbjörnens exponering av miljögifter (Burek et al. 2008).

Även isbjörnen egna födovävanor kan komma att förändras som en konsekvens av temperaturförändringarna då ismältningen innebär ett hot mot deras jaktmarker (Sonne, 2010). Detta kan innebära att isbjörnen inte längre bara kan preferera skinn och späck på vikare utan nu i större grad tvingas äta skelettmuskulatur och bukorgan som exempelvis innehåller höga halter av kvicksilver och PFC (Dietz et al., 2013c). Genom att t.ex. äta vikares skelettmuskulatur får de i sig en förökad halt av metylkvicksilver, vilket kan komma att förhöja de relativt låga halterna av kvicksilver som hittills observerats i isbjörnens hjärna (Basu et al., 2009). Detta kan i sin tur öka

den toxiska stressen i hjärnan som redan idag visats ge neurotoxiska skador (Basu et al., 2009) med en förmodad påverkan på isbjörnens förmåga att anpassa sig till den rådande förändringen av dess habitat (Sonne, 2010).

Den förlorade jaktmarken skapar dessutom en näringsmässig stress som i sin tur leder till en ökad toxisk stress. Detta gör det ytterligare svårare för isbjörnen att jaga då dess kroppskondition försämras (Burek et al., 2008). Vissa studier visar även på att isbjörnarna på vissa håll blivit mindre till storleken (Sonne et al., 2013). Dessa faktorer kan bli problematiska då de kan tvingas att hitta en annan föda än vikare, som t.ex. valross (Diets et al., 2013a) vilka är avsevärt större än vikare och svårare att övermannas. Således är allt fler fastande isbjörnar att förvänta, vilka förmodas kunna få brist på den viktiga antioxidanten selen som skyddar mot ökande halter av kvicksilver.

Isbjörnens exponering av organokloriner, kvicksilver och PFC orsakar liksom en näringsmässig stress ett nedsatt immunförsvar. Detta kan få stora konsekvenser för isbjörnens möjlighet att skydda sig mot de nya patogenerna som en introduktion av nya djurarter och en ökad mänsklig närvaro skulle orsaka (Burek et al., 2008). Ett försämrat immunförsvar ökar även känsligheten mot endemiska sjukdomar för vilka mortaliteten även kan öka. Ytterligare effekter av toxisk- och näringsmässig stress som kan tänkas uppkomma är reproduktionsstörningar som bl.a. visats leda till fosterskador och minskad fertilitet (Basu et al., 2009). Dessutom har kvicksilver visats orsaka ökad DNA-metylering vilka ärvs och därför kan komma att påverka genuttrycken hos avkomman och framtida generationer (Basu et al., 2009).

Det bör dock påpekas att de studier som hittills genomförts framförallt har undersökt halterna av miljögifter påfunna i isbjörn, medan färre har fokuserat på dess effekter på hälsan. Stora delar av studierna har gjorts genom extrapoleringar, vilket är problematiskt då förhållanden mellan laboratedjur och vilda djur skiljer sig markant åt. Det har visats vara hispatologiskt svårt att särskilja miljögifternas effekter från de orsakade av infektionspatogener eller ålder. Det är därför svårt att med säkerhet påvisa exakt hur de påträffade miljögifterna kan påverka hälsan hos isbjörn, varför fler studier borde göras som riktar fokus på just detta. Särskilt borde fler studier genomföras på t.ex. PFC vars effekter till stor del fortfarande är okända. Studier bör dock även fortsättningsvis undersöka halterna av påträffade miljögifter för att observera vilka som kan komma att bli problematiska och därmed bör utgöra fokus för framtida toxikologiska studier.

Förutom utökade studier är det även av stor vikt att internationella samfund arbetar för att stärka förbud och regleringar av miljögifter. Trots många regleringar, ett globalt samarbete och lagstadgade förbud sker fortfarande utsläpp av miljögifter från många länder. Även om nyproduktionen har minskat eller helt avstannat av vissa ämnen som t.ex. PCB, som förbjöds redan för 40 år sedan, ger många av dessa än idag effekter på isbjörnarnas hälsa (Dietz et al., 2013a). Därför krävs fler internationella samarbeten med lagföring för att förhindra nya utsläpp,

men också ett samarbete för att hantera och motverka konsekvenser av de miljögifter som redan finns i natur och biota, både finansiellt och kunskapsmässigt.

Även om fler förbud och regleringar införs är det dock svårt att se hur den negativa utvecklingen ska kunna förhindras. Trots att det är svårt att fastslå de exakta effekterna av de observerade miljögifterna i Arktis, är det tydligt att dessa kommer att utgöra ett allt större hot mot isbjörnens överlevnad. Klimatförändringarna har visats ge en allt större ökning av både avlägsna och lokala utsläpp vilka kommer att få både direkta och indirekta konsekvenser för isbjörnen. Om 40 år kan isbjörnspopulationen redan vara reducerad till 1/3, med en förmodad sämre kroppskondition, nedsatt immunförsvar, lever- och njurskador, ökad dödlighet, nedsatt reproduktion och en kraftigt försvagad förmåga att anpassa sig till den allt mer krävande miljön.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Basu, N., Scheuhammer A.M., Sonne, C., Letcher, R.J., Born, E.W., Dietz, R. (2009). Is dietary mercury of neurotoxicological concern to wild polar bears (*Ursus maritimus*)? *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 28, ss. 133-140.
- Burek, K. a., Gulland, F.M.D., O'Hara, T.M. (2008). Effekts of climate change on Arctic marine mammal health. *Ecological Applications*, vol.18, ss. 126-134.
- Butt, C.M., Berger, U., Bossie, R., Tomy, G.T. (2010). Levels and trends of poly- and perfluorinated compounds in the arctic environment. *The Science of the Total Environment*, vol. 408, ss. 2936-2965.
- de Wita, C.A., Herzke, D., Vorkamp K. (2010). Brominated flame retardants in the Arctic environment — trends and new candidates. *Science of The Total Environment*, vol. 408, ss. 2885-2918.
- Dietz, R., Rigét, F.F., Sonne, C., Born, E.W., Bechshøft, t., McKinney, M.A., Letcher, R.J. (2013)a. Three decades (1983-2010) of contaminant trends in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). Part 1: Legacy organochlorine contaminants. *Environment International*, vol. 59, ss. 485-493.
- Dietz, R., Rigét, F.F., Sonne, C., Born, E.W., Bechshøft, t., McKinney, M.A., Drimmie, R.J., Muir, D.C.G., Letcher, R.J. (2013)b. Three decades (1983-2010) of contaminant trends in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). Part2: Brominated flame retardants. *Environment International*, vol. 59, ss.494-500.
- Dietz, R., Sonne, C., Basu, N., Braune, B., O'Hara, T., Letcher R.J., Scheuhammer, T., Andersen, M., Andreasen, C., Andriashek, D., Asmund, G., Aubaila, A., Baagøe, H., Born, E.W., Chan, H.M., Derocher, A.E., Grandjean, P., Knott, K., Kirkegaard, M., Krey, A., Lunn, N., Messier, F., Obbard, M., Olsen, M.T., Ostertag, S., Peacock, E., Renzoni, A., Rigét, F.F., Skaare, J.U., Stern, G., Stirling, I., Taylor, M., Wiig, Ø., Wilson, S., Aars, J. (2013)c What are the toxicological effects of mercury in Arctic biota. *Science of The Total Environment*, vol. 443, ss. 775-790.
- Gabrielsen, G.W. (1998) Organiske miljøgifter hos arktiske dyr. *Ottar*, vol. 1, ss. 17-23
- Galatius, A., Bossi, R., Sonne, C., Rigét, F.F., Kinze, C.C., Lockyre, C., Teilmann, J., Dietz, R. (2013). PFAS profiles in three North Sea top predators: metabolic differences among species?. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 20, ss. 8013-8020.
- Greaves, A. K., Letcher, R.J., Sonne, C., Dietz, R.(2012). Brain region distribution and patterns of bioaccumulative perfluoroalkyl carboxylates and sulfonates in east Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 32, ss. 713-722.
- Hagen, P. E., Walls, M. P. (2005). The Stockholm Convention On Persistent Organic Pollutants. *Natural Resources & Environment*, vol. 19, ss. 49-52
- Kemikalieninspektionen (2013-03-10) Kvikksilver. [http://www.kemi.se/Content/In-focus/Mercury/\[2014-03-26\]](http://www.kemi.se/Content/In-focus/Mercury/[2014-03-26])

- Kemikalieinspektionen (2013-07-31). Perfluorerade ämnen (PFOS, PFOA med flera).
<http://www.kemi.se/Innehall/Fragor-i-fokus/Perfluorerade-amnen-PFOS-PFOA-med-flera/> [2014-03-26]
- Kemikalieinspektionen (2014a) Handlingsplan för en giftfri vardag 2011-2014. 1/14. Bromma. CM-Gruppen (361110)
- Kemikalieinspektionen (2014b-01-21) Klart med nya globala regler för kvicksilver.
<http://www.kemi.se/sv/Innehall/Nyheter/Klart-med-nya-globala-regler-for-kvicksilver/> [2014-03-26]
- Kristensen, S.L., Ramalau, C.H., Ernst, E., Olsen, S.F., Bonde, J.P., Vested, A., Halldorsson, T.I., Becher, G., Haug, L.S., Toft, G. (2013). Long time effects of prenatal exposure to perfluoroalkyl substances on female reproduction. *Human Reproduction*, vol. 28, sss. 3337-3348.
- Macdonald, R.W., Harner, T., Fyfe, J. (2005). Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data. *Science of the Total Environment*, vol. 342, ss. 5-86.
- Mercury Rising (2011). [Video] <http://www.amap.no/documents/doc/mercury-rising/712> [2014-03-24]
- Rigét, F., Bossi, R., Sonne, C., Vorkamo, K., Dietz, R. (2013). Trend of perfluorochemicals in Greenland ringed seals and polar bears: Indications of shifts to decreasing trends. *Chemosphere*, vol. 93, ss. 1607-1614.
- Sitar-Gonzales, A., Parsons, E.C.M. (2012). The Perceived Conservation Status of Polar Bears and Penguins, *Human Dimensions of Wildlife*, vol. 17, ss. 225-227.
- Skaare, J.U. (1996). Environmental pollutants in marine mammals from the Norwegian coast and Arctic. *The Science of the Total Environment*, vol. 186, ss. 25-27.
- Skåre, J. Wiig, U., Øystein, B.A. (1994). Klorerte organiske miljøgifter: nivåer og effekter på isbjørn. Oslo. Norsk Polarinstitutt, Nr. 86.
<http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/173344/Rapport086.pdf?sequence=1> [2014-03-26]
- Sonne, C. (2010). Health effects from long-range transported contaminants in Arctic top predators: An integrated review based on studies of polar bears and relevant model species. *Environment International*, vol. 36, ss. 461-491.
- Sonne, C., Bechshøfta, T.Ø., Rigét, F.F. Baagøe, Hedayatb, A., Andersenb, M., Bech-Jensenc, J., Hyldstrupc, L., Letcherd, R.J., Dietza, R. (2013). Size and density of East Greenland polar bear (*Ursus maritimus*) skulls: Valuable bio-indicators of environmental changes? *Ecological Indicators*, vol 34, ss. 290-295.