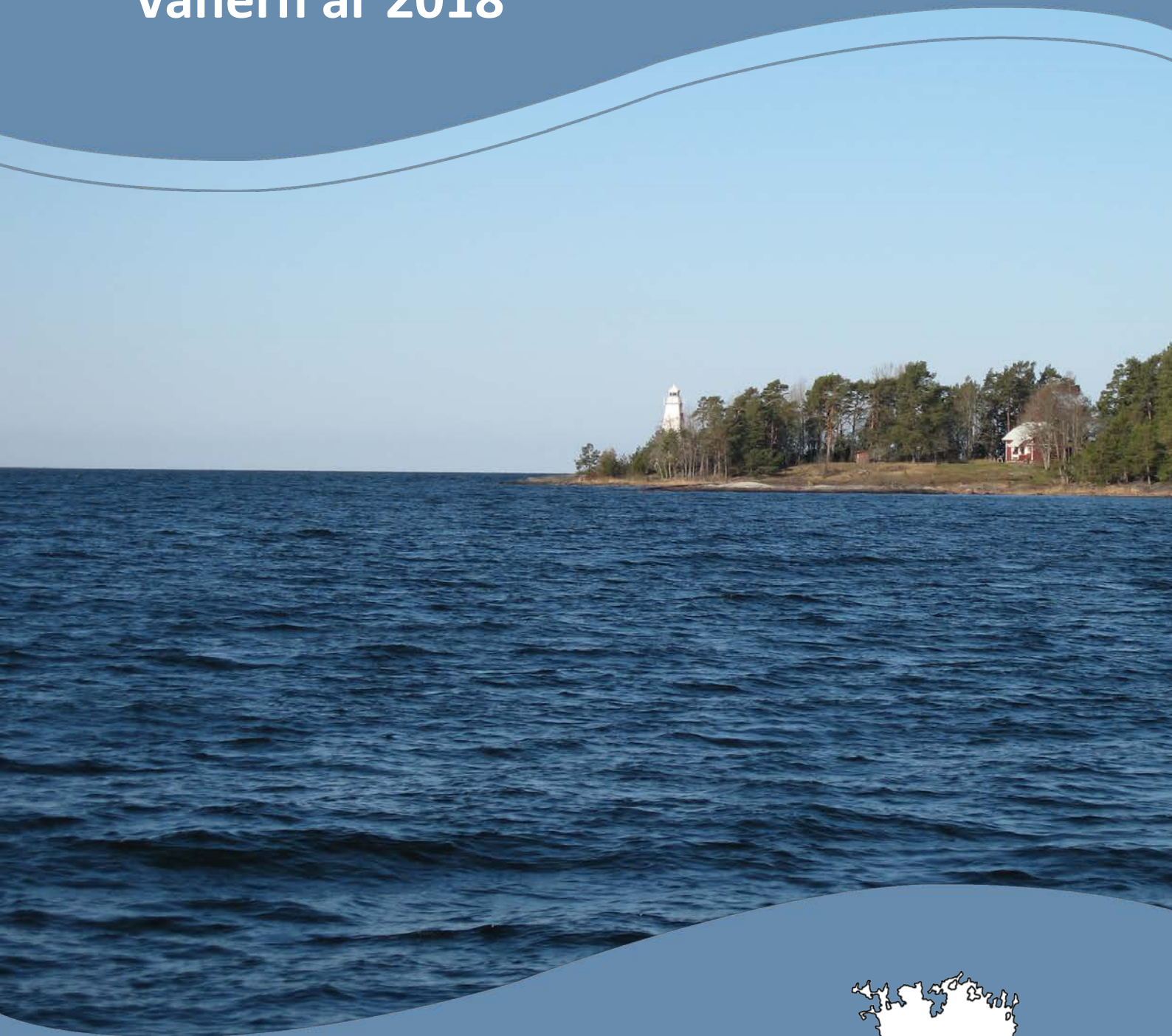


Metaller och organiska föreningar i abborre från Vänern år 2018



Titel: Metaller och organiska föreningar i abborre från Vänern år 2018

Tryckår: 2019

ISSN: 1403–6134

Författare: Caroline Grotell, ÅF consult

Foto framsidan: Fyr på Brommö strax utanför Torsö (foto: Sara Peilot).

Utgivare: Vänerens vattenvårdsförbund rapport nr 111

Rapporten finns som pdf på www.vanern.se

Copyright: Vänerens vattenvårdsförbund. Kopiera gärna texten i rapporten men ange författare och utgivare. Användande av rapportens fotografier eller bilder i annat sammanhang kräver tillstånd från Vänerens vattenvårdsförbund.

Förord

Under 2018 genomfördes undersökningar av metaller och organiska föreningar i abborre i Vänern på två stationer, sydöstra Vänern Torsö (station 3) och i norra Vänern Åsundaön (station 1). Den nationella miljöövervakningen i Vänern bekostar station 3 och den samlade recipientkontrollen i Norra Vänern bekostar station 1. Vänerns vattenvårdsförbund har samordnat projektet. Undersökningen finansierades med medel från Vänerns vattenvårdsförbund, Norra Vänerns intressenter och Havs- och vattenmyndigheten.

Sara Peilot
Vänerns vattenvårdsförbund
2019-06-25



Metaller och organiska föreningar i abborre från Vänern år 2018

Caroline Grotell, ÅF Infrastructure



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
2	Metodik.....	6
3	Resultat - morfometri och ålder.....	7
4	Kvicksilver i fiskmuskel	8
5	Metaller i fisklever	10
5.1	Inledning.....	10
5.2	Zink och koppar	10
5.3	Kadmium	12
5.4	Arsenik	13
5.5	Krom, nickel och bly	14
6	Resultat - organiska föreningar	16
6.1	Inledning.....	16
6.2	PCB	16
6.3	Dioxiner och dioxinlika PCB	18
6.3.1	PBDE och HBCD	20
6.3.2	PFAS och PFOS i muskel	22
6.3.3	PFAS och PFOS i fisklever.....	23
7	Förslag till ändringar i framtida undersökningar.....	25
8	Kostråd och gränsvärden.....	26
9	Referenser.....	27



Sammanfattning

Årliga analyser genomförs på abborre från Åsunda, norra Vänern, och från Torsö, sydöstra Vänern. I undersökningen ingår analyser av metaller i lever samt kvicksilver i muskel. Muskel analyseras även med avseende på organiska miljögifter såsom dioxiner, PCB (polyklorerade bifenyler), PBDE (polybromerade difenyletrar) och PFAS (perfluorerade ämnen).

Nedan sammanfattas resultat från 2018 års undersökning.

De infångade abborrarna 2018 uppvisade god tillväxt, och var yngre jämfört med tidigare undersökningar. Detta bidrog troligen till att kvicksilverhalten i 1-hg abborre från både Torsö och Åsunda var bland de lägsta registrerade, sedan undersökningen startade 1996.

Trots den relativt låga kvicksilverhalten 2018, överskreds det lågt satta gränsvärdet för skydd av djur, vilket är ett generellt fenomen för ytvatten i Sverige.

De registrerade kvicksilverhalterna underskred däremot gränsvärdena för abborre beträffande konsumtion. Kvicksilverhalten kan dock vara högre i större och äldre fiskar.

Dioxiner och dioxinlika PCB i muskel från abborre har analyserats sedan år 2004, undantaget Åsunda 2014/2015. Halten av dioxinlika PCB 2018 var bland de lägst registrerade sedan starten 2004. Halterna av dioxiner och dioxinlika PCB i muskel från abborre år 2018 var under gällande gränsvärde för livsmedel och bedömningsgrunden för vattenekosystem, båda med god marginal.

PCB₇ i abborremuskel från Åsunda och Torsö har analyserats sedan år 1996, undantaget Åsunda 2014/2015. PCB-halten i abborre var fortsatt låg 2018. PCB-halten underskred gällande gränsvärde för livsmedel och bedömningsgrunden för att skydda vattenekosystem, även med bred marginal.

Halten av PBDE i fiskmuskel från Torsö och Åsunda var den lägst noterade under hela undersökningsperioden 2011–2018. Halten överskred trots detta, det lågt fastställda gränsvärdet, vilket är ett generellt fenomen för svenska ytvatten. Halten av HBCD (hexabrom-cyclododekan) underskred däremot gränsvärdet med bred marginal.

PFOS (perfluoroktansulfonat), utgör i regel den huvudsakliga andelen av perfluorerade ämnen.



PFOS i lever från Åsunda överskred angivna värde enligt Havs- och Vattenmyndighetens vägledning, och även PFOS-halten i lever från Torsö var på en högre nivå jämfört med 2017.

Halten av PFOS i fiskmuskel från båda undersökningsområdena underskred däremot gällande gränsvärde.

Metaller har analyserats årligen på abborrelever från Torsö och Åsunda sedan 1996.

Medelvärde för både koppar- och zinkhalten i fisklever 2018 var i stort sett identisk för Torsö och Åsunda. Det ses inga tydliga utvecklingstendenser för koppar- och zinkhalter i fisk från Åsunda och Torsö sett till hela undersökningsperioden. Båda metallerna är essentiella, d.v.s. organismer kräver en viss tillgång av dessa metaller för att kunna leva. För båda metallerna ses mellanårsvariationer, där tack vare den långa mätserien tenderar variationen att kunna ses som cykler för koppar.

Kadmiumhalten i fisklever 2018 var i stort sett identisk för Torsö och Åsunda. Kadmiumhalten har minskat sett till hela undersökningsperioden 1996-2018 för båda undersökningsområdena. Åsunda tenderar dock att fortsatt uppvisa en viss mellanårsvariation.

Arsenikhalten i fisklever från Åsunda är fortsatt på en högre nivå jämfört med fisk från Torsö. Samtidigt har den lägsta arsenikhalten registrerats vid Torsö under såväl 2017 som 2018. Övrigt kan det inte utläsas några tydliga utvecklingstrender, förutom att Åsunda tenderar att ha en större mellanårsvariation och ligga på en högre nivå än Torsö.

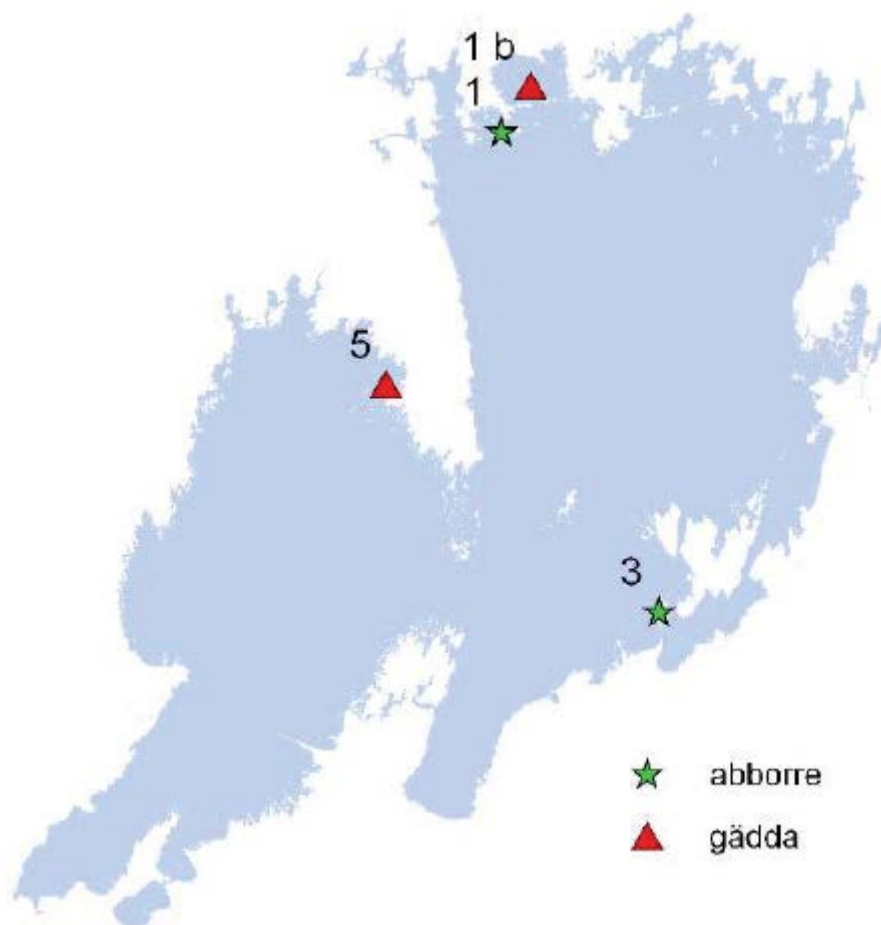
Halterna av krom, bly och nickel år 2018 var låga i fisklever, då de i regel var under analysernas rapporteringsgränser, som tidigare undersökningsår.



1 Inledning

I denna rapport redovisas resultat från 2018 års nationella övervakning och samordnade recipientkontroll beträffande metaller och organiska föreningar i Vänerfisk.

I 2018 års nationella övervakning ingick analys av abborre från område i sydöstra Vänern (Torsö, station 3 i Figur 1). Ämnen som analyserades var PCB, dioxiner och kvicksilver i muskel samt metaller i lever. Dessa ämnen har analyserats sedan 1996. Vidare analyserades PBDE och PFAS i muskel, vilka har ingått i programmet sedan 2011/2012. I årets undersökning erhöles även resultat gällande PFAS i lever.



Figur 1. Lokaler för insamling av abborre från Vänern 2018; station 3 och station 1.

I 2018 års samordnade recipientkontroll ingick abborre från område i norra Vänern (Åsunda, station 1 i Figur 1) med samma analysupplägg som för Torsö. Abborre från Åsunda har ingått i övervakningsprogrammet sedan 1996 med samma upplägg som Torsö. Lokal fiskare saknas sedan 2014 varför enstaka undersökningsår/-parametrar utgått i brist på material.

Målet var att analysera 20 abborrhonor mellan 17 och 20 cm från vardera stationen. I 2018 års undersökning erhöles material från båda undersökningsområdena.

I avsnitt 3 redovisas resultaten från 2018 i sammanfattande tabeller och i figurer vid jämförelse med tidigare undersökningsår. Samtliga enskilda analysresultat kan erhållas från Vänerkansliet (Åsunda/Torsö) och från StoraEnso Skoghalls Bruk (Margareta Sandström).



2 Metodik

Abborre från undersökningsområdet Torsö insamlades av lokal fiskare i augusti/-september 2018. Lokal fiskare saknas vid Åsunda sedan 2014 och insamlingen genomfördes i september av Medins Havs och Vattenkonsulter.

Vid preparering av abborrarna registrerades längd, totalvikt, somatisk vikt (exklusive inälvor), levervikt och gonadvikt (romsäck). Abborrens gällock sparades för åldersbestämning.

En bit av abborrens ryggmuskel provtogs för analys av kvicksilver, totalt tio enskilda prover från respektive undersökningsområde. Tio enskilda leverar från respektive område analyserades avseende metaller.

Därtill gjordes ett samlingsprov av ryggmuskel för analys av PCB (polyklorerade bifenyler), dioxiner/furaner, dioxin-lika PCB, PBDE (polybromerade difenyletrar), HBCD (hexabromcyklododekan) och perfluorerade ämnen (PFAS). I årets undersökning från Åsunda och Torsö analyserades även PFAS på lever.

Alla lever- och muskelprov frystes efter provtagning och transporterades till laboratorier för analyser. För mer utförlig beskrivning om ansvariga laboratorier och analysmetodik, se Faktarutor.

Ansvariga för analyser och utvärdering

Allumite i Fors – åldersbestämning

ALS Scandinavia i Luleå – analys av metaller

Eurofins i Hamburg/Lidköping– analys av PCB₇, dioxiner, dioxin-lika PCB, PBDE, PFAS och fett

ÅF i Karlstad – preparering av abborre, resultatsammanställning och rapportering

Analys av metaller i muskel och lever

Analys av kvicksilver utfördes med ICP-SFMS (masspektrometri med induktivt kopplad plasma) på individuella muskelprover från abborre. Analys av arsenik, kadmium, krom, koppar, nickel, bly och zink utfördes med ICP-SFMS på individuella leverprover från abborre. Torrhaltsbestämning utfördes efter frystorkning av lever. Analyserna utfördes av ALS Scandinavia AB, Luleå.

Analys av stabila organiska ämnen i muskel och lever

Analys av stabila organiska ämnen utfördes på samlingsprov. PCB₇, PBDE och HBCD bestämdes (efter extraktion) med GC-ECD i muskelprov medan PFAS bestämdes (efter extraktion) med LC-MS-MS i lever-och muskelprov. Dioxinlika PCB:er och dioxiner (PCCD/ PCDF) bestämdes med HR-GC/MS (högupplöst GC-MS) i muskelprov. Fetthaltsbestämning av lever- och muskelprov utfördes (efter extraktion) med gravimetri. Analyser genomfördes av Eurofins, Lidköping och Hamburg, Tyskland.



3 Resultat - morfometri och ålder

I Tabell 1 redovisas resultat från 2018 års undersökning avseende morfometriska parametrar, d.v.s. fiskens storlek samt ålder, från de undersökta områdena i Väneren.

Tabell 1. Resultat på morfometriska parametrar på abborre från Åsunda och Torsö 2018. Medelvärde med 95% konfidensintervall (#median för ålder).

Parameter	Enhet	Abborre 2018	
		Åsunda	Torsö
Antal		20	20
Längd	Centimeter	19,9 ± 0,3	20,1 ± 0,5
Vikt	Gram	83 ± 4	92 ± 6
Somatisk vikt	Gram	77 ± 4	87 ± 6
Lever	Gram	0,96 ± 0,08	0,95 ± 0,13
Gonad	Gram	0,33 ± 0,03	0,51 ± 0,13
Ålder#	År	2+	2+
CF		1,05 ± 0,04	1,12 ± 0,03
LSI	%	1,26 ± 0,12	1,09 ± 0,12
GSI	%	0,43 ± 0,02	0,59 ± 0,14

Målet var att infånga abborre med en storlek på 17 -20 cm. Resultaten i Tabell 1 visar att abborrarnas längd var i det större intervallet och att även större individer fanns i materialet, 19-21 cm, för båda stationerna. Spridningen av storleken var däremot liten och abborrarna jämnstora.

Abborrarna från Torsö var något tyngre, vilket medförde att det beräknade indexet konditionsfaktorn (CF) var något högre hos fisk från Torsö. Fiskens kondition var dock god från båda undersökningsområdena.

Åldersanalysen visade på god tillväxt under 2017/2018 och abborrarna var därför unga, två åringar, jämfört med tidigare undersökningar (3-4-åringar).

Då individerna var unga var mognadsgraden av gonaderna (romsäcken) låg, vilket även gäller för det beräknade GSI-indexet, som relaterar gonadvikten till fiskens storlek. Detta betyder att fisken inte var mogen för vårens lek.

Indexberäkning

Konditionsfaktor (CF), totalvikt i relation till kroppslängd, beräknas enligt:

$$CF = 100 * (\text{totalvikt (g)} / (\text{totallängd (cm)})^3)$$

Leversomatiskt index (LSI) och **gonadsomatiskt index (GSI)**, organens vikt i relation till somatisk vikt, beräknas enligt:

$$LSI = 100 * (\text{levervikt (g)} / \text{somatisk vikt (g)})$$

$$GSI = 100 * (\text{gonadvikt (g)} / \text{somatisk vikt (g)})$$



4 Kvicksilver i fiskmuskel

Sveriges utsläpp av kvicksilver till luft har minskat sedan 1990-talet (Naturvårdsverket, 2019). Metallen kan dock spridas mycket långa sträckor via luften och nedfallet av kvicksilver är därför fortfarande stort, beroende på utsläpp i andra länder.

Kvicksilver kan inte brytas ned utan lagras i bl.a. marken, och via avrinning till vatten exponeras vattenorganismerna. De högsta halterna finner man hos djur högt upp i näringskedjan, såsom i fisk.

Kvicksilver analyseras på fiskmuskel, eftersom fisk utgör föda för människan, och det finns ansatta gränsvärden för livsmedel, exempelvis abborre.

Kvicksilverhalt i abborre från Torsö och Åsunda framgår av Tabell 2, dels som medelvärde baserat på registrerade analysvärden och dels som beräknad kvicksilverhalt för normerad 1 hg:s abborre. Jämförelse med tidigare undersökningsår redovisas i Figur 2.

Tabell 2. Medelvärde för registrerad kvicksilverhalt i fiskmuskel från Åsunda och Torsö 2018, inklusive spridningsmått 95% konfidensintervall. Medelvärde för beräknad kvicksilverhalt för normerad 1 hg:s abborre.

Parameter	Enhet	Abborre 2017	
		Åsunda	Torsö
MUSKEL			
Antal		10	10
Kvicksilver	ng/g vv	86 ± 12	90 ± 7
Hg 1-hg	ng/g vv	97	100

Hg 1-hg = beräknad kvicksilverhalt per 1 hektos abborre

De registrerade kvicksilverhalterna i abborrarna 2018 underskrider gränsvärdet för kvicksilver i livsmedel gällande abborre (0,5 mg/kg vv enligt EG 1881/2006). Högre kvicksilverhalter kan dock förekomma i större och äldre fiskar. Det finns därför kostrekommendationer av Livsmedelsverket, beträffande abborre och övrig fisk från Vänern (se avsnitt 5).

Kvicksilverhalten i abborrar från Vänern 2018 överskrider gränsvärdet för biota (0,020 mg/kg vv) (HMVFS 2015:4). Detta gränsvärde är lägre jämfört med ovan nämnda gränsvärde för livsmedel. Det beror på att det är framtaget för att skydda fåglar och däggdjur som lever på fisk och andra vattenlevande organismer. Att kvicksilverhalten överskrider det lågt fastställda satta gränsvärdet är inget unikt för Vänerförhållanden. I stort sett alla Sveriges ytvatten överskrider miljö kvalitetsnormen för kvicksilver. De förhöjda kvicksilverhalterna beror på främst atmosfärisk deposition huvudsakligen från europeiska källor (VISS).

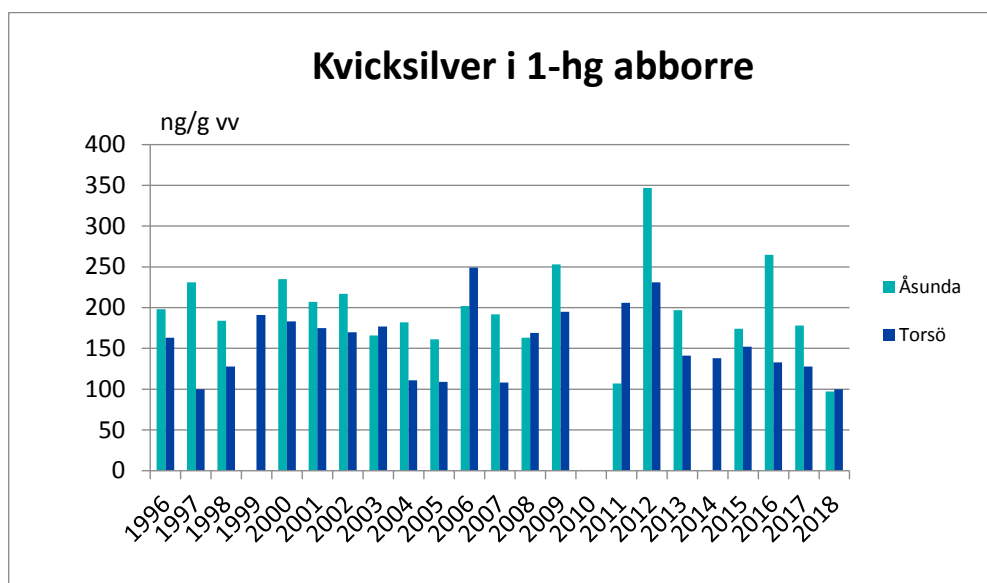
De registrerade kvicksilverhalterna i abborre har normerats som kvicksilverhalt i 1 hg:s abborre. Denna normering görs eftersom kvicksilver ökar med storlek/ålder, varför normering ger en mer rättvis bild vid jämförelse av tid och plats. I Figur 2 framgår de normerade kvicksilverhalterna tillsammans med tidigare undersökningar i Vänern.

Kvicksilverhalten i fisk från Torsö har tidigare visat på en något lägre nivå jämfört med kvicksilverhalten i fisk från Åsunda (Figur 2).



Resultaten 2018 visar den lägsta kvicksilverhalten för Åsunda och bland de lägsta för Torsö sedan mätningarna påbörjades. Som ovan nämnts ökar kvicksilver med fiskens ålder. En faktor till 2018 års lägre kvicksilverhalter är troligen att individerna var unga, d.v.s. kvicksilver har inte hunnit ansamlas hos abborrarna. Resultaten från 2018 visar betydelsen i att även ha information om fiskens ålder, för att kunna förklara variationer, d.v.s. att inte bara korrelera kvicksilverhalter till fiskens storlek.

Sammanfattningsvis kan konstateras att sedan 2013, har kvicksilverhalten i fisk från Torsö varit relativt stabil, medan kvicksilverhalten fortsatt varierat i fisk från Åsunda. Kvicksilverhalten 2018 var den lägsta för Åsunda och bland de lägsta för Torsö sedan mätningarna påbörjades, där en faktor till de lägre halterna kan vara att abborrarna var unga.



Figur 2. Medelhalter av kvicksilver i 1-hg:s abborre från Åsunda och Torsö 1996–2018.



5 Metaller i fisklever

5.1 Inledning

Övriga metaller analyseras på fisklever då dessa ansamlas lättare i levern jämfört med muskel. Analys av metaller på lever ger därmed en bra situationsbild för att följa eventuella förändringar. Det finns olika faktorer som påverkar metallhalter i fisk.

Tillförsel av metaller från bl.a. industrier, kommunala reningsverk, dagvatten samt markavrinning från skogs- och jordbruksmark är en faktor till den variation som förekommer. Det finns även andra faktorer som påverkar halten i fisk, bl.a. vattenkvaliteten. Vattnets hårdhet, surhetsgrad, förekomst av partiklar och komplexbildande ämnen samt även näringsrikedomen, påverkar biotillgängligheten och därmed upptaget av metaller hos vattenorganismer. Då vissa metaller är livsviktiga grundämnen för levande organismer har fisken förmåga att reglera dessa (se zink och koppar).

Det saknas gränsvärden för metaller i lever och halterna kan inte likställas med halt i muskel. För kadmium, nickel och bly i muskel finns gränsvärden enligt EU:s vattendirektiv. Flera undersökningar med Vänerfisk har visat på mycket låga halter i muskel, ofta under analysernas rapporteringsgräns (Grotell, 2017).

Medelhalter av metaller i abborrelever från Åsunda och Torsö framgår av Tabell 3.

Tabell 3. Resultat från analyser på fisklever från abborre år 2018. Medelvärde med 95%-konfidensintervall (förutom median för bly, krom och nickel markerat med #).

Parameter	Enhet	Abborre 2018	
		Åsunda	Torsö
Antal		10	10
LEVER			
Zink	µg/g ts	107 ± 10	104 ± 7
Koppar	µg/g ts	7,6 ± 0,9	8,3 ± 0,9
Kadmium	µg/g ts	0,61 ± 0,12	0,56 ± 0,18
Bly#	µg/g ts	<0,1	<0,1
Krom#	µg/g ts	0,08	<0,09
Nickel#	µg/g ts	<0,1	<0,1
Arsenik	µg/g ts	1,9 ± 0,7	0,9 ± 0,2
Torrsvikt (ts)	%	24 ± 0,7	25 ± 0,8

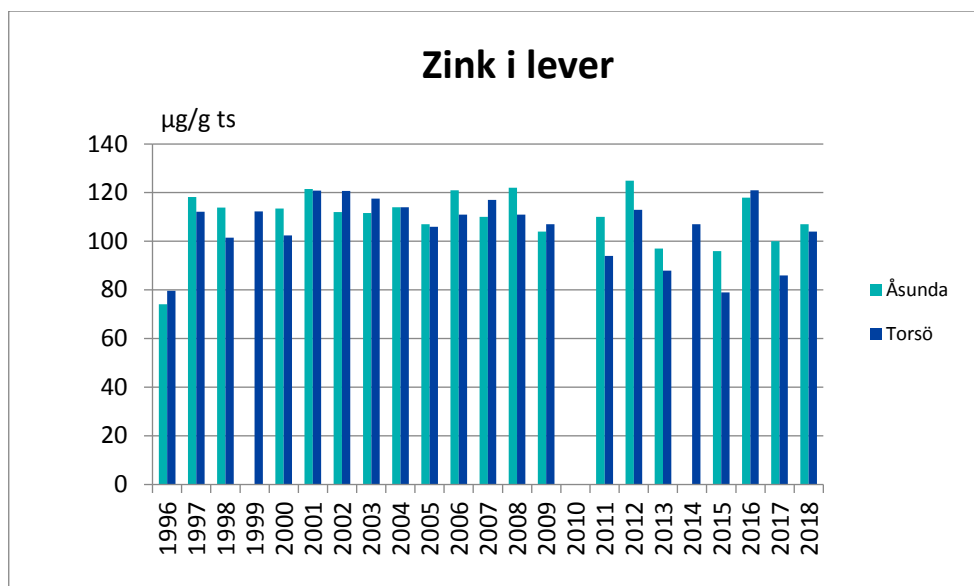
Resultat för respektive metall kommenteras i efterföljande avsnitt, samtidigt med att resultaten jämförs med tidigare undersökningsår, vilket även redovisas i efterföljande figurer.

5.2 Zink och koppar

Såväl koppar som zink är grundämnen. Zink och koppar är essentiella (livsviktiga) metaller för vattenorganismer, och en viss tillgång krävs av dessa metaller för att organismerna ska kunna leva. För stort upptag av metallerna kan dock ge negativ påverkan för vattenorganismer.



Zinkhalten i fisklever var nästintill identiska från de två områdena 2018 (Tabell 3). Medelvärdena 2018 avvek inte från tidigare registrerade haltnivåer (Figur 4).

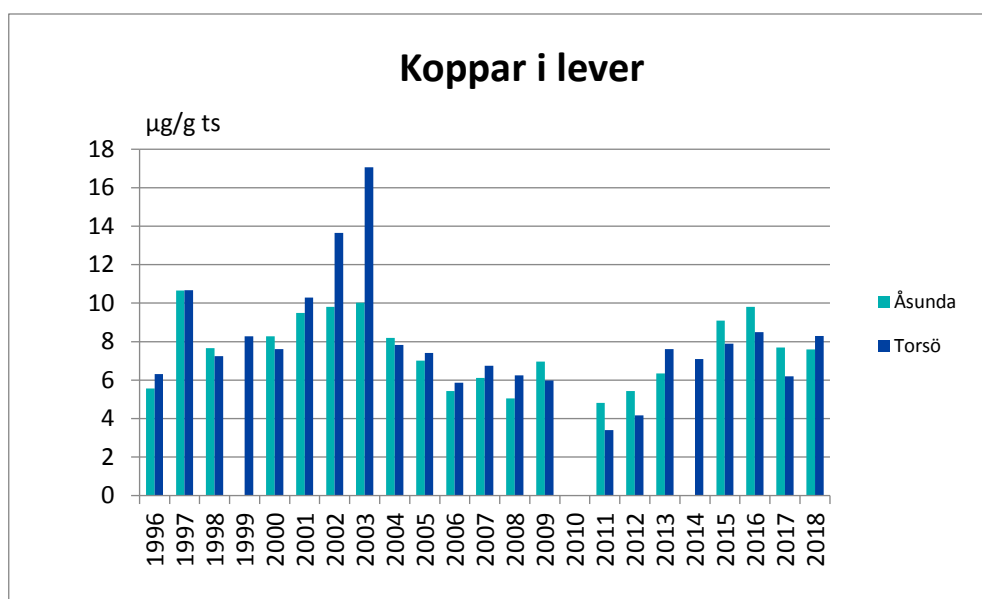


Figur 3. Medelhalter av zink i abborrlever från Åsunda och Torsö 1996–2018.

Tidigare under perioden 2011-2017 har medelvärdet för zinkhalten tenderat att ha varit på en något högre i Åsunda jämfört med Torsö.

En viss mellanårsvariation förekommer, då zink är en essentiell (livsviktig) metall, d.v.s. de ingår i flera livsuppehållande system, varför fisken har relativt god förmåga att reglera zinkhalten.

Även **koppar**halten i abborrelever 2018 var i stort identisk vid det två undersökningsområdena (Tabell 3). Såsom för zink har de senaste årens mätningar generellt visat på en något högre medelkopparhalt i Åsunda jämfört med Torsö (Figur 4).



Figur 4. Medelhalter av koppar i abborrlever från Åsunda och Torsö 1996–2018.

En viss variation förekommer även för koppar, då även denna metall är essentiell.



Sammanfattningsvis ses inga tydliga tendenser för koppar- och zinkhalter i fisklever från Åsunda och Torsö. Båda metallerna är essentiella, d.v.s. organismer kräver en viss tillgång av dessa metaller för att kunna leva. För båda metallerna ses mellanårsvariationer, tack vare den långa mätserien tenderar variationen att kunna ses som cykler för koppar.

5.3 Kadmium

Kadmium är ett grundämne och finns naturligt i jorden. Metallen har tidigare varit viktig i olika industriella tillämpningar och kan även förekomma i bl.a. konstgödsel (Naturvårdsverket, 2019).

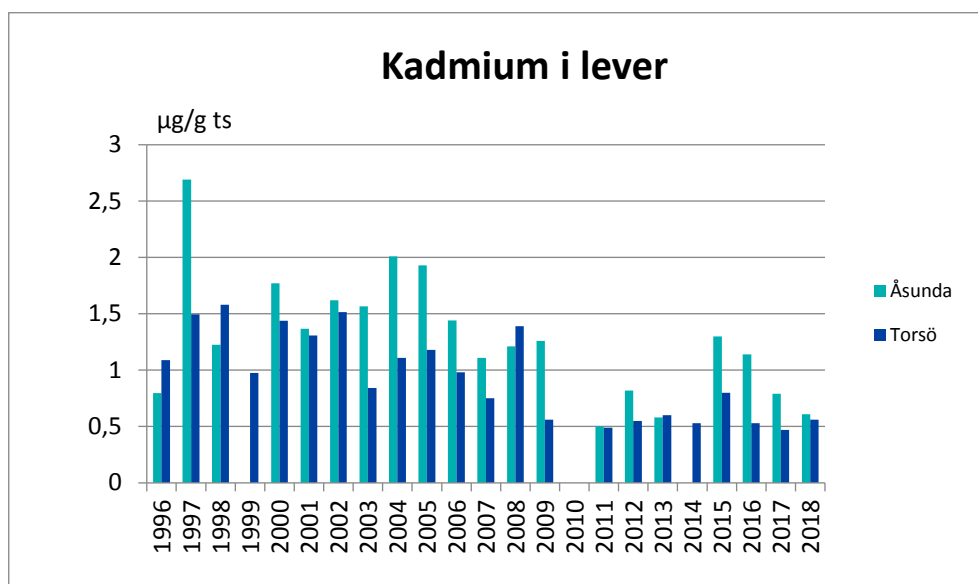
Kadmiumhalten i fisklever 2018 var i stort sett identisk för Torsö och Åsunda (Tabell 3).

Kadmiumhalten i fisklever från Torsö har varit på en lägre nivå sedan 2009 (Figur 5), så även 2018. Halten har varit relativt stabil under perioden 2009-2018, undantaget 2015.

Halten vid Åsunda har under samma period varierat något och har vissa år varit på en högre haltnivå jämfört med Torsö. Än högre haltnivåer har dock registrerats i fisklever från Åsunda under 1990-talet och början av 2000-talet (Figur 5).

Såsom nämnts inledningsvis beror upptaget av kadmium, och därmed halten i lever av flera faktorer. Utöver själva belastningen från punktkällor och markavrinning däribland transporten med vattendrag, beror haltnivån i fisk även på bl.a. sjöns näringsstatus och förekomst av joner/föreningar i vattenområdet som påverkar organismens kadmiumupptag.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att kadmiumhalten i fisklever har minskat sett till hela undersökningsperioden 1996-2018 för båda undersökningsområdena. Åsunda tenderar dock att fortsatt uppvisa en viss mellanårsvariation.



Figur 5. Medelhalter av kadmium i abborrlever från Åsunda och Torsö 1996–2018.



5.4 Arsenik

Halvmetallen arsenik är ett naturligt förekommande ämne i olika mineraler och i varierande halter i berggrunden. Arsenik har tidigare använts som träsnyddsmiddel, bekämpningsmedel och som metall i legeringar och glasråvara (Naturvårdsverket, 2019).

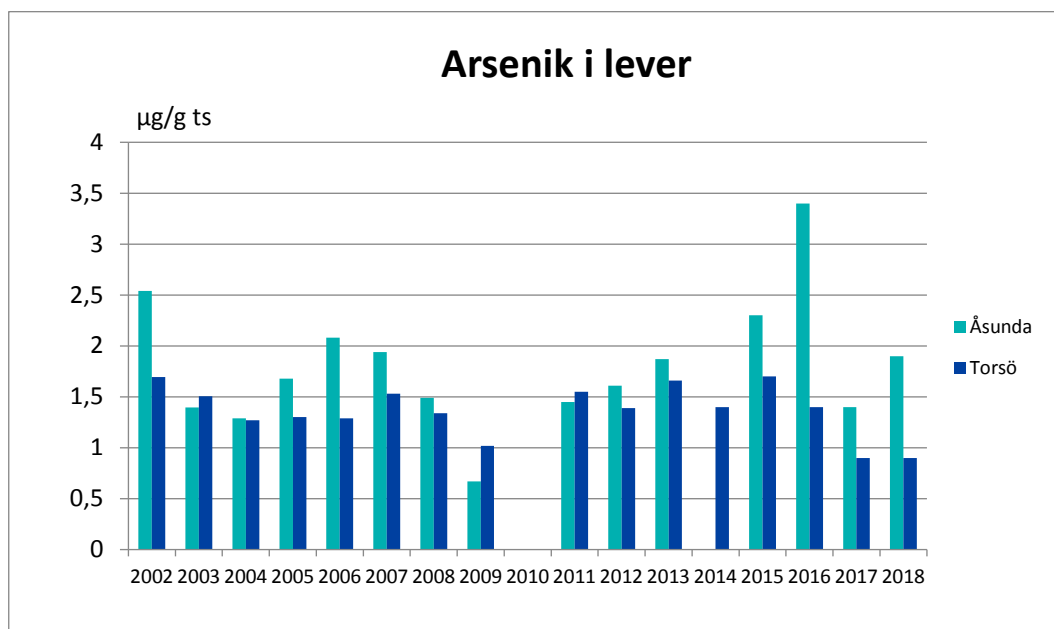
För arsenik finns en tydlig skillnad mellan Åsunda och Torsö 2018 (Tabell 3 och Figur 6), då Åsunda har en signifikant högre medelhalt. Detta är i linje med resultaten från de senaste åren och det finns även en tendens till högre halter vid Åsunda jämfört Torsö, sett till hela undersökningsperioden (Figur 6).

Samtidigt har den lägsta arsenikhalten registrerats vid Torsö under såväl 2017 som 2018.

Anledningen till dessa vitt skilda resultat för Torsö och Åsunda är oklar. Utöver belastningen av arsenik kan även omgivningsfaktorer såsom vattenkvaliteten påverka vattenorganismers upptag av arsenik.

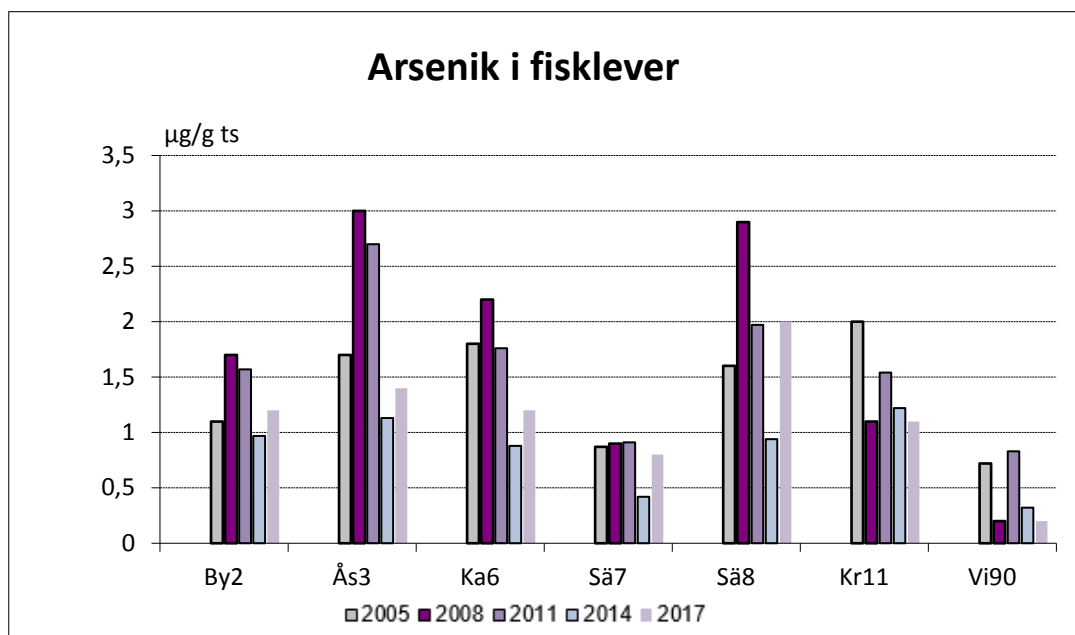
Arsenik kan vara hårt bundet till lermineral, metallhydroxider och organiskt material, bl.a. till järnhydroxider, mangan och aluminium (SGU 2005). Arsenik förekommer, till skillnad från de flesta andra metaller, som en negativt laddad jon i naturen. Detta leder till att åtgärder som oftast minskar utlakning av metaller, såsom kalkning för att höja pH-halten, gör att arsenik går i lösning.

En topp registrerades 2016 vid Åsunda och det spekulerades i om den berodde på den lägre fiskstorleken 2016. Metaller kan ibland uppvisa en negativ korrelation till fiskens vikt, exempelvis koppar i Vänerfisk 1996/1997 (Lindestrom & Grotell, 1997).



Figur 6. Medelhalter av arsenik i abborrlever från Åsunda och Torsö 2002–2018.

I Figur 7 framgår arsenikhalter från andra områden (recipientkontrollstationer) i norra Vänern, där variationen är än större.



Figur 7. Medelhalter av arsenik i abborrlever från Norra Vänern 2005–2017 (Figur från Grotell, 2018).

Medelarsenikhalter, i nivå med Åsunda, har registrerats bl.a. 2008/2011 i Åsfjorden (Ås3), norr om Åsunda. Det ska dock noteras att under dessa undersökningsår var halten vid Åsunda på samma nivå som vid Torsö.

Även i Sätterholmsfjärden (Sä8) registrerades 2008 en högre arsenikhalt, samtidigt som halten var tydligt lägre uppströms i Hammarösjön (Sä7). Hammarösjön får ses som ett mer inomskärsområde jämfört med Sätterholmsfjärden. Hammarösjön är även mer direkt påverkad av bl.a. Klarälvens utflöde och av markavrinning jämfört med Sätterholmsfjärden, d.v.s. det kan finnas förutsättningar som gör arsenik mindre biotillgängligt (se nedan)

Kolstrandsviken (Vi90) uppvisade de lägsta medelhalterna av arsenik i fisklever. Viken är en grund och avsnörd vik av Vänern och har en högre näringsrikedom än övriga recipientkontrollstationer. Vidare påverkas viken av både Gullspångsälvens (via Gullspångskanalen) och Vismans tillflöden. Dessa vattendrag avvattnar skogsmarker vilket bidrar med organiskt material (humus) som kan binda arsenik och göra det mindre biotillgängligt för upptag av vattenorganismer.

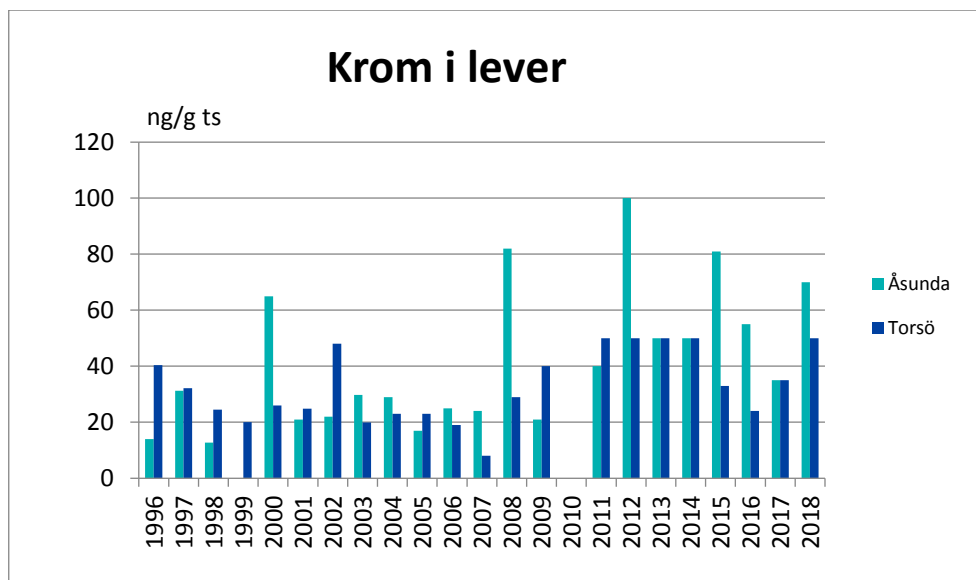
Sammanfattningsvis kan det inte utläsas några utvecklingstrender beträffande arsenikhalter i fisklever från Åsunda och Torsö, förutom att Åsunda tenderar att ha en större mellanårsvariation och ligga på en högre nivå än Torsö.

5.5 Krom, nickel och bly

För krom, nickel, och bly har det under undersökningsperioden skett ett metodikbyte. Under 1996–2007 användes en metodik med mycket låga rapporteringsgränser. I samband med metodikbytet, till dagens standard med masspektrometer, höjdes analysernas rapporteringsgränser. Då halterna för dessa metaller har varit generellt låga, under/tangerat tidigare rapporteringsgränser, medförde detta att resultaten automatiskt blev högre resultaten p.g.a. de högre rapporteringsgränserna.



I Figur 8 redovisas medelhalten för krom under perioden 1996-2018. Medelhalterna är till synes lägre under perioden 1996-2007, jämfört med perioden 2008-2018 (Figur 8). Det förekommer dock ingen ökning av halterna i lever, vilket resultaten i figuren antyder, utan beror på metodikbytet, vilket medfört högre rapporteringsgränser.



Figur 8. Medelhalter av krom i abborrlever från Åsunda och Torsö 1996–2018. Mätvärdena under analysens rapporteringsgränser har delats med 2. Observera annan enhet än övriga metaller i fisklever.

Kromhalter i fisklever från Torsö och Åsunda 2018 var i regel under/tangerade analysens rapporteringsgränser (Tabell 3). Rapporteringsgränserna för krom varierar, beroende på bl.a. leverstorleken. Kromhalten i fisklever från Vänerfisk får ses som generellt låg, vilket är i linje med resultat från andra undersökningsområden i norra Väner (Grotell, 2018).

Bilden är densamma för **nickel** och **bly**, ett metodikbyte av analysen har medfört högre rapporteringsgränser fr.o.m. år 2008. Därför redovisas inte några diagram för dessa metaller, då det enbart visar halva rapporteringsgränserna för analyserna i stället för de relevanta mätvärdena.

Nickel- och blyhalterna har varit mycket låga i Väner (Åsunda och Torsö) under hela undersökningsperioden 1996–2017. Nickel- och blyhalter i fisklever från Väner var fortsatt under analysernas rapporteringsgränser år 2018 (Tabell 3), som tidigare undersökningsår (Grotell, 2010; Sjölin, 2015; Grotell, 2017; Grotell, 2018). Bilden är likartad för tidigare nämnda recipientkontrollstationer i norra Väner (Grotell, 2018).

Sammanfattningsvis är halterna låga för krom, nickel och bly i abborrelever, såsom tidigare undersökningsperiod 1996-2017.



6 Resultat - organiska föreningar

6.1 Inledning

I detta avsnitt redovisas resultat från olika organiska föreningar (PCB, dioxiner, dioxinlika PCB, PBDE, HBCD och PFAS) i abborremuskel. I Tabell 4 redovisas resultat från 2018 års undersökning av organiska ämnen i fiskmuskel från Åsunda och Torsö.

De organiska föreningarna ansamlas i fettrik vävnad varför resultaten även relateras till fetthalten.

Tabell 4. Organiska ämnen i fiskmuskel (samlingsprov) från Vänerfisk 2018.

Parameter	Enhet	Abborre 2018	
		Åsunda	Torsö
MUSKEL			
Fett	%	0,93	0,86
PCB ₇ *	ng/g vv	0,55	0,70
PCB ₇ *	µg/g fv	0,06	0,08
PCDD/PCDF *	pg/g vv WHO-TEQ	0,073	0,074
PCDD/PCDF*	ng/g fv WHO-TEQ	0,008	0,009
Plana PCB*	pg/g vv WHO-TEQ	0,059	0,047
Plana PCB*	ng/g fv WHO-TEQ	0,006	0,005
HBCD**	ng/g vv	0,012	0,015
HBCD**	µg/g fv	0,001	0,002
PBDE ₆	ng/g vv	0,027	0,040
PBDE ₆	µg/g fv	0,004	0,005
PFOS	ng/g vv	5,32	3,85
PFOS	µg/g fv	0,57	0,45
Torrsubstans	%	22***	21,6

*Värde baserat på rapporteringsgränsvärdet (inkl LOQ)

**gamma (Åsunda)/alfa & gamma (Torsö)

***Antagen ts-halt.

I 2018 års analys saknas torrsubstanshalten (ts-halt) för Åsunda, för att kunna räkna om resultaten till våtvikt. Ts-halten i fiskmuskel har dock en lite variation. Ts-halten har ansatts till samma haltnivå som i Torsö, vilket är i linje med andra analyser. Halterna av organiska föreningar får därmed ses som mer överskattade än underskattade.

6.2 PCB

PCB (polyklorerade bifenyler) är ett samlingsnamn för ett antal likartade ämnen som innehåller olika mycket klor. En bifenyyl består kemiskt av två aromatiska ringar. All nyanvändning av PCB förbjöds i Sverige 1978 och PCB avvecklades därefter successivt. PCB användes bl.a. som isolering och smörjolja i kondensatorer samt i transformatorer, fogmassor (www.kemi.se).

PCB bryts ner långsamt och finns därför fortfarande kvar i miljön. PCB är fettlösligt och lagras i vävnaden hos levande organismer. Halterna är högst hos djur i toppen av den



marina näringskedjan, såsom fiskar och i fåglar som äter fisk (Naturvårdsverket, 2019).

Vänernfisk har analyserats beträffande PCB sedan 1996. Under 1996–2003 analyserades enskilda muskelprover, medan fr.o.m. 2004 görs analys på ett samlingsprov per område. I analyserna ingår sju enskilda PCB-föreningar, (CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 och CB180) och benämns PCB₇. Mätvärdena för de s.k. enskilda kongenerna redovisas i analysprotokoll, vilka kan erhållas från Vänerkansliet. Halter av enstaka kongener som underskridit rapporteringsgränsen har fram till 2016 dividerats med två. Rapporteringsgränsen för PCB-kongener har därefter ytterligare sänkts och summering av PCB görs nu på LOQ (se nedan), då skillnaden är försumbar.

Totalhalten av PCB₇ i fiskmuskel från Torsö och Åsunda 2018 var 0,70 respektive 0,55 ng/g vv. Värdet inkluderar LOQ, d.v.s. halten av enstaka kongener har underskridit rapporteringsgränsen och summeringen av PCB har då baserats på rapporteringsgränsen) (Tabell 4).

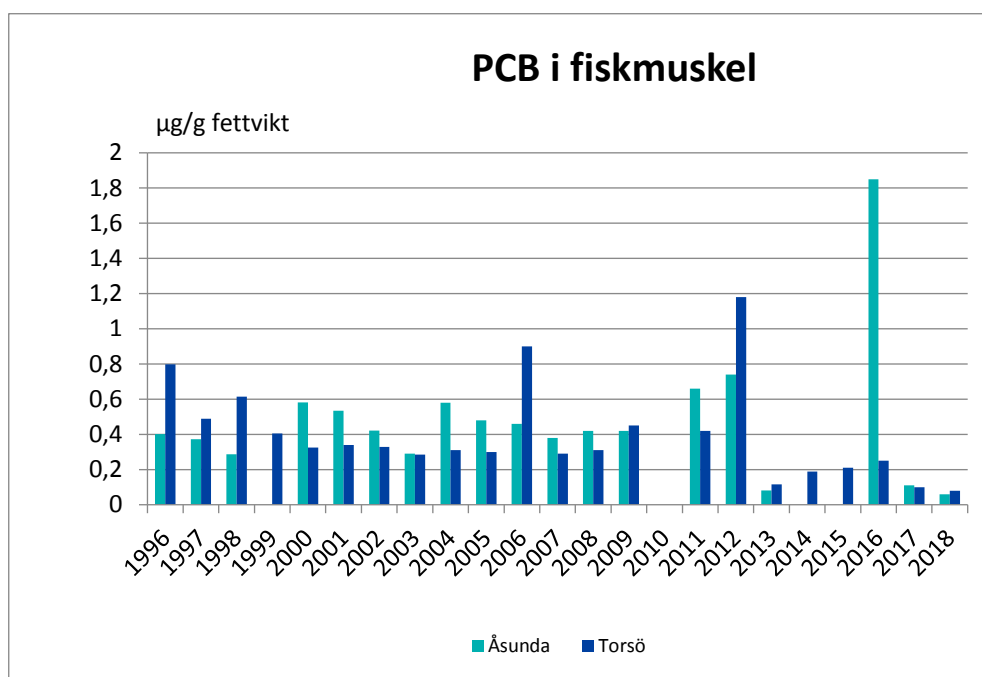
Gränsvärde för muskelkött av viltfångad sötvattenfisk för PCB₆, d.v.s. exklusive kongen CB118, är 125 ng/g vv (EU1259/2011). Totalhalten av PCB₆ i fiskmuskel från Torsö och Åsunda 2018 var 0,66 respektive 0,52 ng/g vv (inklusive LOQ). Halten av PCB₆ i Vänerabborre 2018 underskrider gränsvärdet med mycket bred marginal.

Ovannämnda gränsvärde för PCB₆ (125 ng/g vv) är även satt som bedömningsgrund för att uppnå god status för PCB₆ i biota (även benämnd icke-dioxinlika PCB) (HVMFS 2013:19). Enligt Havs- och Vattenmyndighetens vägledning bör registrerad halt lipidnormaliseras till 5 %-fetthalt (HaV 2016:26). Detta då koncentrationerna i hel fisk (inkluderande skinn och fettrika organ såsom lever) för fettlösliga ämnen är troligen något högre än i muskel, och riskerna via näringskedjan kan då underskattas om bara muskel analyseras. Vid lipidnormalisering till 5 % erhålls i detta fall högre värden då fetthalten i abborre är låg (0,9 % fetthalt). De beräknade lipid-normaliserade värdena (5 %) är 3,8 respektive 2,8 ng/g vv för Torsö och Åsunda 2018 och underskrider fortsatt med bred marginal bedömningsgrunden.

I tidigare undersökningar inom Väner Vattenvårdsförbund har PCB-halten relaterats till muskelns fetthalt vid jämförelse med olika undersökningsår (Figur 9). Detta då fettlösliga ämnen ackumuleras i organismers fettvävnad och PCB-halterna varierar därmed med fetthalten. Dessa värden är inte likvärdiga med lipidnormalisering till 5 % fetthalt.

Enstaka toppar av högre halter av PCB₇ har ibland registrerats under undersökningsperioden 1996–2016. Sedan 2013 registreras vid Torsö en lägre haltnivå av PCB₇, så fortsatt 2018. Bilden av PCB-halten vid Åsunda är inte lika tydlig, då fisk saknats vissa år och en topp registrerades år 2016. Det bör understrykas att även denna topp underskred gränsvärdet med bred marginal.

Under 2017/2018 har en lägre PCB-halt även registrerats vid Åsunda.



Figur 9. PCB₇ i abborrmuskel från Vänern 1996–2018 (se även löpande text).

Sammanfattningsvis styrker 2017/2018 års resultat, att PCB₇-halten i abborremuskel tenderar att vara låg såväl i Torsö som i Åsunda. Halten underskrider med bred marginal gränsvärdet för livsmedel och bedömningsgrunden för skydd av vattnekosystem.

6.3 Dioxiner och dioxinlika PCB

Dioxiner är ett samlingsnamn för polyklorerade dibenzo-*p*-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibenzofuraner (PCDF). Det finns 75 olika kongener (varianter) av PCDD och 135 olika kongener av PCDF (Naturvårdsverket, 2019). Kongenerna skiljer sig åt genom antalet kloratomer och deras plats i molekylen. I Vänernfiskstudien ingår sjutton olika kongener av PCDD/PCDF.

Dioxiner bildas oavsiktligt bl.a. tidigare användning av impregneringsmedlet pentaklorfenol har setts som en källa till dioxiner samt tidigare var avloppsvatten från skogsindustrins klorblekningsprocesser även en källa. Dioxiner bildas också vid förbränningsprocesser som till exempel sopförbränning (Naturvårdsverket, 2019).

Dioxiner är stabila och fettlösliga föreningar som är mycket svåra att bryta ner och finns därför kvar i miljön under lång tid.

Även andra ämnen än PCDD och PCDF uppvisar genom sitt snarlika utseende, egenskaper som liknar dioxinerna. Vissa av PCB-kongenerna har en struktur som är mycket lik dioxinernas och verkar via samma mekanismer som dioxinerna i kroppen. Tolv enskilda kongener av PCB (polyklorerade bifenyler) har analyserats och kallas härefter dioxinlika PCB. Dessa skall dock inte likställas med ovanstående PCB₆/PCB₇.

Dioxiner och dioxinlika PCB har analyserats sedan 2004.

Varje kongen av dioxin, furan eller dioxinlika PCB uppvisar olika grad av toxicitet. Varje kongens relativa toxicitet kan uttryckas med en toxisk ekvivalentfaktor (TEF). TEF baseras på det mest toxiska dioxinet 2,3,7,8-TCDD (tetraklordibenso-*p*-dioxin),



där TCDD innehar TEF-värdet 1. TEF-värdena utgår från en beräkningsmodell av Världshälsoorganisationen (WHO). Respektive kongens TEF-värde används för att beräkna den totala koncentrationen av TCDD-ekvivalenter i fisken, d.v.s. halten av dioxiner/furaner och dioxinlika föreningar.

Halten av summan av dioxiner och furaner (PCDD/PCDF) samt dioxinlika PCB redovisas i Tabell 4 baserat på våtvikt (vv) enligt ovannämnda beräkningar (WHO-TEQ). Mätvärdena för de enskilda kongenerna redovisas i analysprotokoll, vilka kan erhållas från Vänerkansliet.

Halten av dioxiner/furaner och dioxinlika kan uttryckas, som lower bound eller upper bound. För lower bound används endast kvantifierbara halter av kongenerna. Vid summering av totalhalten baserat på upper bound, inkluderas analysens rapporteringsgränsvärden, härfter benämnd inklusive LOQ. I 2018 års undersökning registrerades inga detekterbara kongener för dioxiner/furaner.

Gränsvärdet för livsmedel gällande den totala halten av dioxiner/furaner och dioxinlika PCB är 6,5 pg/g vv samt 3,5 pg/g vv för enbart dioxiner/furaner (EU1259/2011).

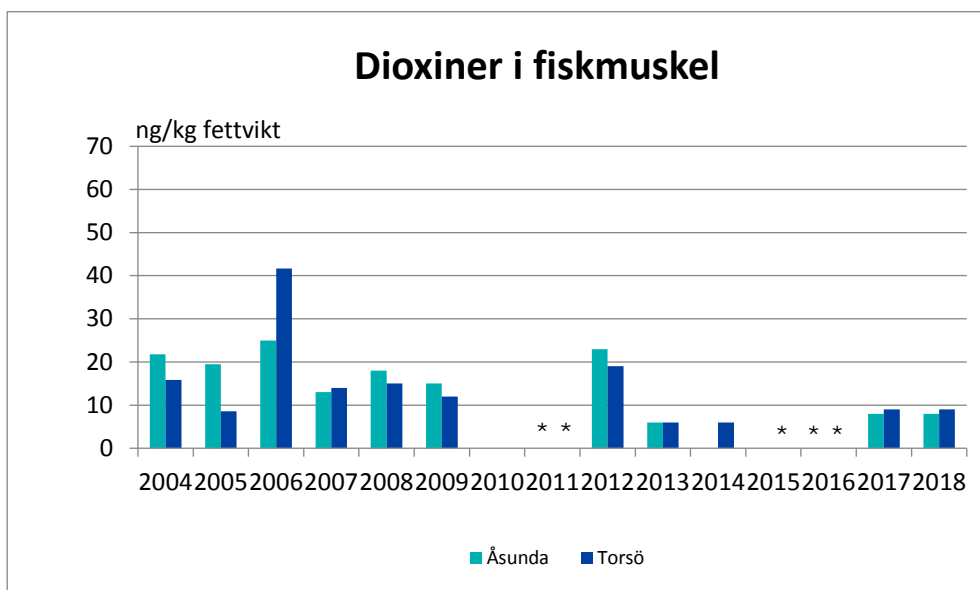
Summan av halten av dioxiner/furaner samt dioxinlika PCB:er i abborre från Torsö och Åsunda, är 0,12 respektive 0,13 pg/g WHO-TEQ (inkl LOQ) och för enbart dioxiner/furaner 0,07 pg/g WHO-TEQ (inkl LOQ). Trots en överskattning då LOQ inkluderats, underskreds gränsvärdena med marginal. Den låga halten av både dioxiner/furaner och dioxinlika föreningar beror bl.a. på att abborre är en mager fisk och dessa föreningar ansamlas inte i lika stor grad som i feta fiskar, exempelvis lax.

Samma gränsvärde för totalhalten av dioxiner/furaner och dioxinlika PCB (6,5 pg/g vv) gäller för skydd av ekosystemet enligt HVMFS 2013:19, dock som lipidnormaliserat till 5 % fetthalt (se avsnitt 6.2). De lipidnormaliserade värdena är för båda områdena 0,7 pg/g WHO-TEQ (inkl LOQ) och underskrider bedömningsgrunden med marginal.

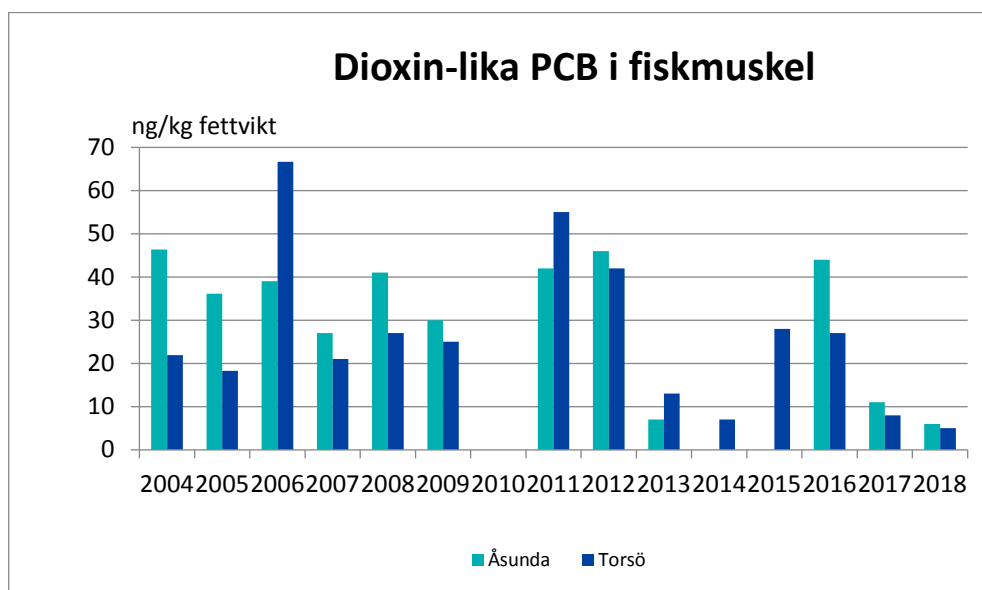
I Figur 10 och 11 redovisas halten av dioxiner och dioxinlika PCB relaterat till muskelns fetthalt, vilket inte är jämförbart med lipidnormalisering till 5 % fetthalt. För vissa år har högre rapporteringsgränser för dioxiner/furaner förekommit, vilka har exkluderats i Figur 10, då detta ger en missvisande bild. Halterna har under dessa år ändå med marginal underskridit ovannämnda gränsvärden.

Halten av dioxiner och dioxinlika PCB relaterat till fetthalt uppvisar 2018 är på samma nivå som tidigare undersökningsår, vilket ju förklaras av att inga detekterbara halter av dioxiner kunde registreras 2018. Halten av dioxinlika PCB 2018 var bland de lägst registrerade sedan starten 2004.

Sammanfattningsvis underskrider halten av dioxiner och dioxinlika PCB såväl gränsvärdet för livsmedel som bedömningsgrund för vattenecosystem med god marginal.



Figur 10. Dioxiner i abborremuskel från Åsunda och Torsö 2004–2018 (inkl LOQ).
*Högre rapporteringsgräns 2011/2015/2016 saknas, då det ger en missvisande bild.



Figur 11. Dioxinlika PCB i abborremuskel 2004–2018 (inkl LOQ).

6.3.1 PBDE och HBCD

PBDE (polybromerade difenyletrar) är en samlingsbeteckning för ett antal av de mest använda bromerade flamskyddsmedlen med stor spridning i miljön, till exempel BDE 47. Flamskyddsmedel, används för att fördröja eller hindra brand i olika produkter och material, såsom i plaster, textilier, möbler, skyddskläder, isoleringsmaterial och elektronisk utrustning. Det finns flera hundra olika flamskyddsmedel, varav ett 70-tal innehåller brom. PBDE (polybromerade difenyletrar), bromerade flamskyddsmedel är svårnedbrytbara, men toxiciteten och hur lätt de ansamlas i levande varelser varierar. De bromerade flamskyddsmedlen kan transporteras långa vägar i luften och blir sedan kvar i miljön under mycket lång tid.



PBDE i fiskmuskel från Torsö och Åsunda har analyserats sedan 2011. Tidigare undersökningsår har i regel endast tre kongener av PBDE i fiskmuskel registrerats; BDE-47, BDE-99 och BDE-100. Trots lägre rapporteringsgränser under 2017 detekterades ett fåtal ytterligare av totalt 24 analyserade PBDE; BDE-49, BDE-66 (ej Torsö), BDE-153 (ej Åsunda) och BDE-154.

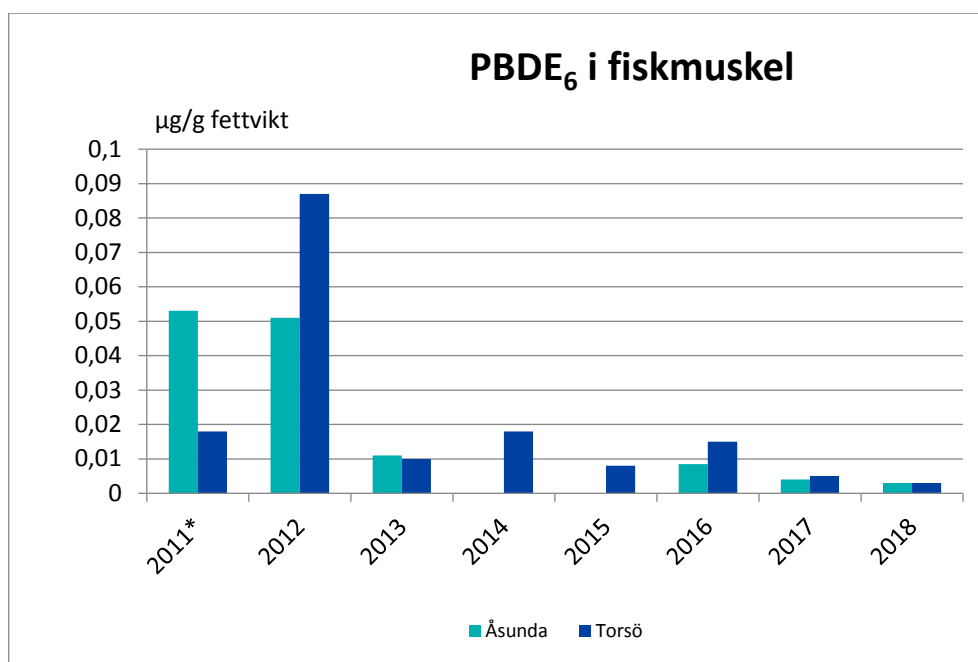
I 2018 års analys av PBDE (polybromerade difenyletrar) analyserades åter 24 olika föreningar. Alla analyserade PBDE-föreningar underskred analysens rapporteringsgränser, inklusive BDE-47, som tidigare bidragit med största andelen av PBDE. Rapporteringsgränserna var fortsatt på en lägre nivå jämfört med 2016 och än tidigare. Rapporteringsgränserna för de enskilda kongenerna 2018 redovisas i analysprotokoll, vilka kan erhållas från Vänerkansliet.

Fram till och med 2016 har vid summering av de enskilda värdena med halter under rapporteringsgränserna, har dessa tidigare dividerats med 2. I 2017 års undersökning konstaterades att skillnaden var försumbar om summeringen av PBDE₆ gjordes som tidigare eller om beräkningen baserades direkt på rapporteringsgränserna (inkl LOQ). Vid summering av halten PBDE₆ 2018 har samma beräkningssätt använts, d.v.s. inklusive LOQ.

Gränsvärde för PBDE₆ är 0,0085 ng/g våtvikt enligt HMFVS 2013:19, baserat på kongenerna BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153 och BDE-154.

Halten av PBDE₆ i fiskmuskel från Torsö och Åsunda 2018, baserat på rapporteringsgränser, är 0,023 ng/g år och överskrider fortsatt gränsvärdet, såsom tidigare. Detta är inget unikt för förhållandena i Väneren att gränsvärdet överskrids, utan är ett generellt fenomen för både inlands- och kustvatten i Sverige (VISS), då gränsvärdet är lågt satt.

PBDE₆-halten har även relaterats till fettvikt (Figur 12).



Figur 12. Halter av PBDE₆ i abborremuskel från Åsunda och Torsö 2011–2018, (*PBDE₅ exkl BDE-28). Se löpande text beträffande summering av PBDE₆.



Resultaten för PBDE₆ 2017/2018 är de lägst noterade under undersökningsperioden 2011–2018. Den lägre totalhalten beror dels på att rapporteringsgränserna har minskat, men även att halten av BDE-47 minskat som bidragit med största andelen, jämfört med övriga analyserade föreningar.

Utöver ovannämnda analyser av bromerade föreningar har ytterligare tre olika kongener avseende HBCD/HBCDD (hexabromcyclododekan) analyserats i fiskmuskel (alfa-, beta- och gamma-HBCD).

Halten av HBCD i abborre från Vänern har varit generellt låg. De enskilda resultaten har varierat något beroende på rapporteringsgränser och/eller redovisning av laboratorier.

Åren 2011/2012 registrerades en HBCD-halt i intervallet <0,02 till 0,02 ng/g vv (Sjölin, 2012). Under 2013/2014 underskred HBCD-halten analysens rapporteringsgräns (<0,1 ng/g vv) (Sjölin, 2015).

Under 2015/2016 var halterna kring 0,02 ng/g vv för Torsö 2015 och Åsunda 2016, undantaget Torsö 2016 (<0,0012 ng/g vv) (Grotell, 2017).

Halten av HBCD i fisk från Torsö och Åsunda 2017, var 0,0047 respektive 0,0113 ng/g vv, då baserat på enbart detekterbara halter av alfa- och gamma-HBCD.

Bilden var snarlik 2018. Halten av HBCD i fiskmuskel från Torsö och Åsunda var 0,012 respektive 0,015 ng/g vv. Beräkningen baserad enbart på detekterbara halter av alfa- och gamma-HBCD (Tabell 4), medan beta-HBCD underskred analysens rapporteringsgräns.

Sammanfattningsvis är halten av PBDE₆-halten i abborre från Vänern 2017/2018 de lägst noterade under hela undersökningsperioden 2011–2018. Den lägre totalhalten beror dels på lägre rapporteringsgränser, men även att halten av BDE-47 minskat som tidigare bidragit med en större andel, jämfört med övriga analyserade föreningar. I 2018 års undersökning var alla 24 analyserade PBDE-föreningar under analysens rapporteringsgränser, inklusive BDE-47. Trots lägre halter överskrider halten av PBDE₆ gällande gränsvärde, vilket är ett generellt fenomen för både inlands- och kustvatten, då gränsvärdet är lågt satt.

Oavsett varierande rapporteringsgränser och redovisning så visar undersökningarna på abborre från Vänern 2011-2018 att halten av HBCD underskreds med stor marginal gällande gränsvärde (167 ng/g vv enligt HVMFS 2013: 19).

6.3.2 PFAS och PFOS i muskel

Perfluorerade och polyfluorerade alkylsyror (PFAS) är samlingsnamnet för en stor grupp fluorerade ämnen, däribland PFOS (perfluoroktansulfonat) och PFOA (perfluoroktansyra) som hör till de mest utredda och omnämnda PFAS-ämnena. PFAS har använts sedan 1950-talet och återfinns i en stor mängd konsumentprodukter och har ett flertal industriella tillämpningar, däribland brandsläckningsskum.

Perfluorerade ämnen i fiskmuskel från Vänern har analyserats sedan 2012, där antalet analyserade föreningar har varierat. Totalt analyserades 18 olika föreningar av PFAS på abborremuskel från Torsö och Åsunda år 2018. Mätvärdena och rapporteringsgränserna för de enskilda kongenerna redovisas i analysprotokoll, vilka kan erhållas från Vänerkansliet.

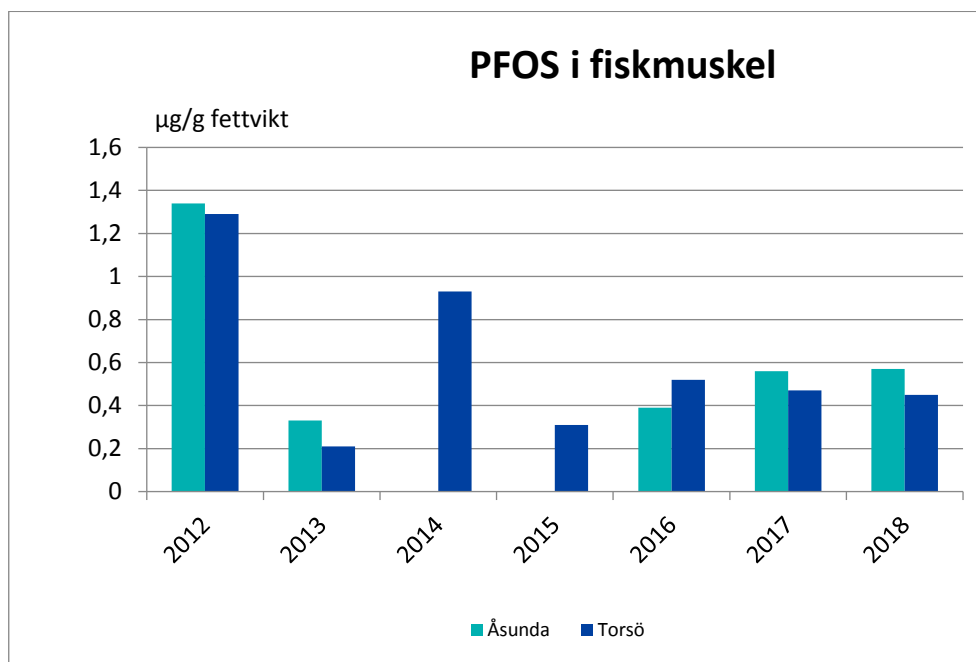


PFOS-halten utgör i regel den huvudsakliga andelen av de analyserade perfluorerade ämnena och bilden har tidigare varit snarlik med summan av PFAS (PFAS₁₀) (Grotell, 2017; Grotell, 2018). I 2018 års undersökning var rapporteringsgränserna för de enskilda perfluorerade föreningarna högre än tidigare. Detta bidrog med att den totala halten av dessa blev högre än tidigare, relativt halten PFOS.

Det huvudsakliga målet vid analys av perfluorerade ämnen, är analys av PFOS, då det utgör ett prioriterat ämne och det finns gränsvärde enligt EU:s vattendirektiv. Följande PFOS-halter har registrerats i fiskmuskel från Torsö och Åsunda 2018; 3,9 respektive 5,3 ng/g vv. Gränsvärdet för PFOS i biota, 9,1 ng/g vv (HMFVS 2013:19), underskrids 2018, såsom perioden 2015-2017.

Vissa av tidigare undersökningsår har PFOS-halten i Vänernabborre varit i närheten av gränsvärdet och år 2012 överskreds gränsvärdet vid Åsunda (Sjölin, 2013). Att PFOS-halterna i fisk var i närheten av gränsvärdet är inte unikt för Vänern. Studier från Stockholmsregionen 2013, inklusive Mälaren, registrerade PFOS-halter i intervallet närmare 5 till ca 20 ng/g vv i abborrmuskel. PFOS-halten i den inre delen av Mälaren, kring Västeråsområdet, var ca 5–7 ng/g vv. Samtidigt visade studien att PFOS-halterna hade minskat från ca 20–45 ng/g vv år 2000–2002, där Västeråsområdet hade halter på ca 20–32 ng/g vv.

I Figur 13 framgår PFOS-halten i relation till muskelns fetthalt under perioden 2012–2018. Halten av PFOS 2018 var på samma nivå som de senaste åren.



Figur 13. Halter av PFOS i abborre från Åsunda och Torsö 2012–2018.

Sammanfattningsvis är halten av PFOS i fiskmuskel från Vänernabborre fortsatt under gällande gränsvärde.

6.3.3 PFAS och PFOS i fisklever

Perfluorerade ämnen i fisklever från Vänern har ingått i programmet sedan 2011. Det har dock varit svårigheter med att få tillräckligt med material för analys, då leverstorleken är liten och/eller för få insamlade abborrar.



Såsom 2017, erhöles även från 2018 års undersökning tillräckligt med material för analys av PFAS-föreningar i lever. Totalt analyserades 18 olika föreningar av PFAS på abborrelever från Torsö och Åsunda år 2018 (samlingsprov). Totalhalten av de perfluorerade ämnena 2018 var för Torsö och Åsunda 168 respektive 193 ng/g vv (exkl LOQ). Som för analys av muskel var rapporteringsgränserna något högre än tidigare. Mätvärdena och rapporteringsgränserna för de enskilda kongenerna redovisas i analysprotokoll, vilka kan erhållas från Vänerkansliet.

Såsom tidigare observationer för muskel, utgör PFOS den största andelen av totalhalten, 123 respektive 162 ng/g vv Torsö och Åsunda (Tabell 5).

Gränsvärdet för PFOS i biota enligt HVMFS 2013:19 gäller för muskel. Ett värde har tagits fram för expertbedömning av PFOS-halt i lever enligt HaV 2016:26; 140 ng/g vv. PFOS-halten i fisklever från Åsunda överskrider detta framtagna värde.

I Tabell 5 framgår resultat från 2017 och från 2011, de år som det finns komplett material från båda undersökningsområdena och inklusive fetthalt (Grotell, 2018; Sjölin 2012).

Av de tre åren, är 2017 jämförelsevis lägst, medan Åsunda 2018 uppvisar de högsta halterna. Om PFOS-halten relateras till fetthalten blir dock inte skillnaderna lika stora. Fetthalterna var högre 2018, speciellt jämfört med 2012. I åldersanalyserna (se avsnitt 3) noterades att tillväxten varit god 2017/2017, vilket indikerar på goda näringstillgångar för abborre, vilket skulle kunna förklara den högre fetthalten i levern samt den högre PFOS-halten då denna ansamlas i fett.

Tabell 5. Halt av PFOS och fett i abborrelever från Åsunda och Torsö 2011, 2017 och 2018.

Parameter	Enhet	Abborre 2011		Abborre 2017		Abborre 2018	
		Åsunda	Torsö	Åsunda	Torsö	Åsunda	Torsö
LEVER							
Fett	%	5	5	4,0	4,0	5,2	7,8
PFOS	ng/g vv	110	120	66	59	162	123
PFOS	µg/g fv	2,2	2,4	1,6	1,5	3,1	1,6

Sammanfattningsvis visar undersökningen 2018 att halten av PFOS i fisklever från Åsunda överskrider ansatt gränsvärde och att PFOS-halten vid Torsö även var på en högre nivå. Halten av PFOS i fiskmuskel från Vänerabborre var dock under gällande gränsvärde.



7 Förslag till ändringar i framtida undersökningar

ÅF har ansvarat för undersökningar av metaller och organiska ämnen under perioden 2015-2018 och här följer förslag inför framtida undersökningar av Vänerfisk (abborre).

Metaller i muskel

Inför framtida undersökningar rekommenderas att analys av kadmium, bly och nickel i abborremuskel utgår från det löpande programmet. Dessa genomförs nu vart tredje år, senast 2016. Nämda metaller är utpekade enligt EU:s vattendirektiv (EG 2000/60) som prioriterade ämnen, och analys av dessa metaller i muskel har därför kompletterats kontrollprogrammet.

Analysresultat från 2012, 2014 och 2016 har nu visat att såväl kadmium, bly som nickel i regel är under rapporteringsgränserna. Enstaka registrerade mätvärden och analysernas rapporteringsgränser underskrider gällande gränsvärden med bred marginal. Detta är även i linje med tidigare undersökningar på abborremuskel från Vänern 2004/2005 (Grotell, 2006).

Det finns därmed inget motiv att fortsätta att analysera metaller i muskel, utan fortsätta uppföljningen av metaller genom analys av lever. Det kan även noteras att halterna av nickel och bly redan är mycket låga i fisklever från Vänerfisk. Även kadmiumhalten i lever har minskat under undersökningsperioden 1996-2018.

Uppföljning av metaller i fisk rekommenderas att ske via analys av lever, undantaget för kvicksilver som analyseras på muskel.

Organiska föreningar i muskel

Flera olika organiska föreningar (PCB₇, dioxiner, dioxin-lika PCB, PBDE, HBCD och PFAS) analyseras idag på ett samlingsprov abborremuskel från respektive undersökningsområde. Det gemensamma för dessa föreningar är att de ansamlas i fettrik vävnad. Abborre är dock en mager fisk och för flera av de analyserade ämnena är halten låg, som för PCB₇, dioxiner, dioxin-lika PCB och HBCD, och gränsvärden underskrids med bred marginal. För flera av föreningarna är även halterna under/tangerar rapporteringsgränserna och vid ändrade rapporteringsgränsvärden, blir diskussionen mer kring analysmetodiken än de reella förändringarna, exempelvis för dioxiner/furaner och HBCD.

Rekommendationen är att PCB₇, dioxiner, dioxinlika PCB och HBCD utgår alternativt analyseras mer sällan. Ett tredje alternativ är att analysera de organiska föreningarna på fetare fisk, exempelvis laxfiskar.

För PBDE och PFAS i fiskmuskel rekommenderas att dessa analyseras vidare såsom idag, kompletterat med PFAS i lever.



8 Kostråd och gränsvärden

Kostråd beträffande abborre, gädda, gös och lake

Kvinnor som är gravida, ammar eller planerar att skaffa barn, bör inte äta fisk som kan innehålla kvicksilver oftare än 2–3 gånger per år. Det gäller under tiden man försöker bli gravid, liksom under graviditet och amning.

Ät inte abborre, gädda, gös eller lake du fiskat själv oftare än en gång per vecka. Det kan leda till kvicksilvermängder som på sikt kan skada hälsan.

(Livsmedelsverket: www.livsmedelsverket.se)

Kostråd beträffande lax, öring och sik från Vänern

Barn, ungdomar och kvinnor i barnafödande ålder, även gravida och ammande, rekommenderas att inte äta fisk som kan innehålla höga halter dioxin och PCB oftare än två till tre gånger per år. Övriga bör inte äta sådan fisk oftare än en gång per vecka.

Gränsvärden för fisk avseende konsumtion:

Gränsvärden för livsmedel avseende **kvicksilver** i muskelkött från fisk (EG 1881/2006): 0,5 mg/kg våtvikt i **abborre**

Gränsvärden för livsmedel avseende **kadmium** och **bly** i muskelkött från fisk (EG 1881/2006): 0,05 mg/kg (kadmium) respektive 0,3 mg/kg (bly)

Gränsvärde för muskelkött av viltfångad sötvattenfisk för **PCB6*** (EG 1881/2006; EU1259/2011): 125 ng/g våtvikt

Gränsvärde för livsmedel avseende **dioxiner** i fiskkött (EG 1881/2006; EU1259/2011):

- dioxiner/furaner (PCCD/PCDF): 3,5 pg/g våtvikt WHO-TEQ
- dioxiner/furaner samt summan av dioxinlika PCB: 6,5 pg/g WHO-TEQ våtvikt

Gränsvärden och bedömningsgrunder enligt HVMFS 2013:19; reviderad enligt HVMFS 2015:4 och HVMFS 2018:17

Gränsvärde för **kvicksilver** i biota: 20 ng/g våtvikt

Gränsvärde för summan av **dioxinlika PCB och dioxiner/furaner** i biota: 6,5 pg/g WHO-TEQ våtvikt

Gränsvärde för perfluoroktansulfonsyra och dess derivat (**PFOS**) i biota: 9,1 ng/g våtvikt

Gränsvärde för **HBCD (HBCDD)** i biota: 167 ng/g våtvikt

Gränsvärde för summan av **PBDE₆**** i biota: 0,0085 ng/g våtvikt

Bedömningsgrund för inlandsytvatten, summan av **icke-dioxinlika PCBer*** i fiskmuskel: 125 ng/g vv

*Kongenerna CB28, CB52, CB101, CB138, CB153 och CB180

**Kongenerna BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153 och BDE 154)



9 Referenser

- EG1881/2006. Kommissionens förordning (EG) nr 1881/2006 av den 19 december 2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel. Europeiska unionens officiella tidning 2006, L364/5. Senast ändrad genom kommissionens förordning (EU) 2018/290 av den 26 februari 2018.
- EU1259/2011. Kommissionens förordning (EU) nr 1259/2011 av den 2 december 2011 om ändring av förordning (EG) nr 1881/2006 vad gäller gränsvärden för dioxiner.
- HVMFS 2013:19. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19).
- HVMFS 2015:4. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs – och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.
- HVMFS 2018:17. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs – och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten; beslutade 12 november 2018.
- Grotell, C., 2006. Miljögifter i Vänerfisk 2004/2005. Kap. i Årsskrift från Vänerens vattenvårdsförbund 2006 nr 42: s. 51-61.
- Grotell, C., 2010. Metaller och stabila organiska föreningar i abborre och gädda 2009. Ingår i Årsskrift från Vänerens vattenvårdsförbund 2010.
- Grotell, 2016. Metaller och organiska föreningar i Vänerfisk år 2015. Ingår i Årsskrift från Vänerens vattenvårdsförbund. Vänerens Vatten 2016 nr 96.
- Grotell, 2017. Metaller och organiska föreningar i abborre från Väneren år 2016. Vänerens vattenvårdsförbund, 2017.
- Grotell, 2018. Metaller och organiska föreningar i abborre från Väneren år 2017. Vänerens vattenvårdsförbund, 2017.
- HaV, 2016:26. Miljögifter i vatten – klassificering av ytvattenstatus. Vägledning för tillämpning av HVMFS 2013:19. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:26.
- Karlsson, M & T. Victor, 2014. Miljöstörande ämnen i fisk från Stockholms regionen. Rapport från IVL Svenska Miljöinstitutet. B 2214.
- Lindström, L. & Grotell, C., 1997. Metaller och stabila organiska ämnen i Vänerfisk 1996/97. Vänerens vattenvårdsförbund rapport nr 5, 1998.
- Naturvårdsverket, 2019. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/>
- Sjölin, 2015. Metaller och stabila organiska ämnen i abborre. År 2014. Ingår i Årsskrift från Vänerens vattenvårdsförbund 2015 rapport nr 91, s 56–77.
- Sjölin, 2013. Undersökning av stabila organiska ämnen och metaller i abborre 2012. Vänerens Vattenvårdsförbund 2013 rapport nr 77.
- Sjölin, 2012. Undersökning av stabila organiska ämnen och metaller i abborre och gädda 2010–2011. Vänerens Vattenvårdsförbund 2012 rapport nr 71.
- VISS (Vatteninformationssystem i Sverige). www.viss.lst.se



Använda förkortningar

CF	konditionsfaktor
LSI	leversomatiskt index
GSI	gonadsomatiskt index
ts	torrsubstans/torrsvikt
vv/vs	vätvikt/våtsubstans (färsksvikt)
fv	fettvikt
Hg	kvicksilver
PCB	polyklorerade bifenyler
PCDD	polyklorerade dibensodioxiner
PCDF	polyklorerade dibensofuraner
WHO-TEQ	toxiska ekvivalenter enligt WHO
PBDE	polybromerade difenyletrar
HBCD	hexabromcyklododekan
PFAS	perfluorerade ämnen
PFOS	perfluoroktansulfonat
PFDA	perfluordekansyra
PFUnA	perfluoroundekansyra
PFTTrA	perfluortridekansyra
PFDoA	Perfluordodekansyra
PFNA	Perfluornonansyra
PFTA	Perfluortetradekansyra
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid
PFDS	Perfluordekansulfonat
PFOA	Perfluoroktansyra
PFHpA	Perfluorheptansyra
PFHXS	Perfluorhexansulfonat
PFHxA	Perfluorhexansyra
PFNA	Perfluornonansyra

Vänerns vattenvårdsförbund

Vänerns vattenvårdsförbund är en ideell förening med totalt 74 medlemmar varav 37 stödjande medlemmar. Medlemmar i förbundet är alla som nyttjar, påverkar, har tillsyn eller i övrigt värnar om Vänern.

Förbundet ska verka för att Vänerns naturliga miljöförhållanden bevaras genom att:

- fungera som ett forum för miljöfrågor för Vänern och för information om Vänern
- genomföra undersökningar av Vänern
- sammanställa och utvärdera resultaten från miljöövervakningen
- formulera miljömål och föreslå åtgärder där det behövs. Vid behov initiera ytterligare undersökningar. Initiera projekt som ökar kunskapen om Vänern
- informera om Vänerns miljö tillstånd och aktuella miljöfrågor
- ta fram lättillgänglig information om Vänern
- samverka med andra organisationer för att utbyta erfarenheter och effektivisera arbetet.

Medlemmar är samtliga kommuner runt Vänern, industrier och andra företag med direktutsläpp till Vänern, organisationer inom sjöfart och vattenkraft, landsting, region, intresseorganisationer för fiske, jordbruk, skogsbruk och fritidsbåtar, naturskyddsföreningar, andra vattenvårdsförbund och vattenförbund vid Vänern med flera. Länsstyrelserna kring Vänern, Havs- och vattenmyndigheten och SLU Aqua Sötvattenslaboratoriet deltar också i föreningsarbetet.

Mer information om Vänern och Vänerns vattenvårdsförbund finns på förbundets webbplats: www.vanern.se. Förbundets kansli kan svara på frågor, tel 010-224 52 05

