

PM
September 2025

Hälsotillstånd och innehåll av miljöfarliga ämnen i abborre från Glan och Roxen 2024

Magnus Karlsson, Arvid Jonsson & Valentin Mansanarez



Författare: Magnus Karlsson, Arvid Jonsson & Valentin Mansanarez

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2025

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Inledning | 4 |
| Metodik..... | 4 |
| Fiskhälsa..... | 6 |
| Kemiska analyser | 7 |
| Resultat | 8 |
| Fiskhälsa..... | 8 |
| Konditionsfaktor (CF) | 8 |
| Leversomatiskt index (LSI) | 8 |
| Gonadsomatiskt index (GSI)..... | 10 |
| Könsmognad | 11 |
| Tillväxt | 11 |
| Halter av olika föroreningar | 12 |
| Metaller | 12 |
| Organiska föreningar..... | 14 |
| PFAS | 16 |
| Sammanfattande diskussion..... | 16 |
| Referenser..... | 18 |
| Bilaga A– Jämförelse av halter från ett nationellt perspektiv | 19 |

Inledning

Sedan 2018 pågår ett metodutvecklingsprojekt med projektdeltagare från den svenska skogs- och metallindustrin. Projektets övergripande mål är att utveckla en metodik och verktyg som på ett ekologiskt relevant och kostnadseffektivt sätt adresserar biologiska effekter av sedimentföroreningar från historiska industriutsläpp och pågående verksamhet. Inom projektet har hitintills stort fokus lagts på att utveckla fiskundersökningar som ett operationellt verktyg för riskbedömningar och kombinera mätningar av upptag av kemiska föroreningar och fiskens hälsotillstånd- och fortplantningsförmåga.

Vid Skärblacka bruk i Östergötland produceras blekt och oblekt sulfatmassa samt NSSC-massa integrerat med produktion av säck- och MG-papper samt fluting. Returfiber används till viss del. Den näringsrika sjön Glan i Motalas ströms avrinningsområde utgör primärrecipient för utsläpp till vatten. I sjön bedrivs både sportfiske och yrkesfiske. Strax nedströms utloppet från sjön till Motala ström ligger Borgs vattenverk där Norrköping stads dricksvatten produceras med vatten från strömmen som råvatten. Att undersöka fisks innehåll av miljöfarliga ämnen samt dess hälsotillstånd och fortplantningsförmåga är således väl motiverat. Sjön Glan representerar dessutom en recipienttyp, näringsrik lerslättisjö, som inte tidigare undersökts inom projektet. Vidare har PFAS nyligen påträffats i sedimenten (Kärman et al., 2022), vilket gör området till ett relevant studieområde för att undersöka eventuellt PFAS-upptag i fisk, en ämnesgrupp som under senare tid börjat diskuteras i skogsindustriella sammanhang (Karlsson et al., 2025a.).

I det följande redovisas resultat från undersökningar utförda under 2024 av abborre i Glan och den i vattensystemet uppströms belägna sjön Roxen. Även Roxen är en viktig resurs för fritids- och yrkesfiske.

Metodik

Abborre (*Perca fluviatilis*) inom storleksintervallet 15–25 cm (**Fig. 1**), insamlades vid fyra lokaler två i respektive sjö (**Fig. 2**) med bottenstående nät med maskstorlekar varierande mellan 20 och 25 mm. Fisket utfördes mellan den 25 och 27 september av personal från IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) med bistånd av fältassistenter. Fisken frystes in skyndsamt efter fångst och transporterades efter avslutat fiske till IVLs fisktoxikologiska laboratorium i Stockholm.



Figur 1. Abborre storlekssorterade inom längdintervallet 15–25 cm.



Figur 2. Karta över fiskelokaler i Glan och Roxen.

Fiskelokalerna klassificerades enligt **Tabell 1**.

Tabell 1. Fiskestationerna och deras beskrivning.

| Fiskelokal | Beskrivning |
|------------|------------------------------------|
| Skär När | Närrecipient till Skärblacka bruk |
| Skär Fjärr | Fjärrecipient till Skärblacka bruk |
| Rox Lin | Referens |
| Rox utl | Referens |

Antalet individer per lokal, kön, medellängd, medelvikt och medelålder i materialet som insamlats och i det följande utvärderas redovisas i **Tabell 2**.

Tabell 2. Antal individer per lokal och kön (antal köns mogna inom parentes) samt medellängd, vikt och ålder (medelvärde ± standardfel).

| Lokal | Kön | Längd | Kroppsvikt | Ålder |
|------------|------------------------------|-----------|------------|------------|
| Skär När | Honor:77(24) Hanar:39(31) | 20 ± 0,25 | 101 ± 3,9 | 3,4 ± 0,09 |
| Skär Fjärr | Honor:64(40) Hanar:31(31) | 19 ± 0,25 | 82 ± 3,5 | 3,3 ± 0,08 |
| Rox Lin | Honor:61(15) Hanar:39(38) | 20 ± 0,3 | 96 ± 6,2 | 3,9 ± 0,19 |
| Rox utl | Honor:63(28) Hanar:22(22) | 73 ± 0,24 | 73 ± 4,0 | 3,0 ± 0,11 |

Fiskhälsa

Preparering, åldersbestämning och provberedning utfördes av Inger Abrahamsson, Gräsö. Fiskens hälsotillstånd och fortplantningsförmåga undersöktes genom att mäta ett antal morfologiska biomarkörer för olika fysiologiska funktioner och allmän hälsostatus. Dessa var:

- **Konditionsfaktor (CF)** som är relationen mellan fiskens längd och somatiska vikt (somatisk vikt är vikten då fiskens inälvor uttagits). Konditionsfaktorn är större för fiskar med kraftigare muskulatur. CF beräknas enligt $CF = \text{somatisk vikt}(g) / \text{längd}(cm)^3$.

- **Leversomatiskt index (LSI)** som är andelen av leverns vikt av den somatiska vikten.

- **Gonadsomatiskt index (GSI)** som är andelen av gonadernas (könsorganens) vikt av den somatiska vikten.

- **Könsmognadsgrad** som är andelen köns mogna individer. Köns mogen innebär att fisken är redo för lek nästkommande säsong.

- **Tillväxt** som är relationen mellan längd och ålder för varje av fiskens levnadsår. Tillväxten per varje av fiskens levnadsår har fastställts genom s.k. tillbakaräkning av gällock. Gällocken har årsringar som kan kopplas till tillväxten.

Den statistiska utvärderingen av fiskens hälsostatus beskrivs i detalj i Waldetoft et al. (2020). I korthet innebär det att regressionsmodeller anpassas för konditionsfaktorn, leversomatiskt index, gonadsomatiskt index och tillväxt. Utöver det undersöks könsmognaden med en logistisk

regressionsmodell. Om det funnits lokalvisa skillnader avseende något index har ett post-hoc test använts (Tukey-test), för att undersöka mellan vilka lokaler avvikelser finns.

Utöver statistisk signifikans jämförs skillnader mellan referens och recipientområden mot s.k. kritisk effektstorlek (CES), ett begrepp som tagits fram inom den kanadensiska miljöövervakningen av fiskhälsa i industrirecipienter. CES överskrider för CF om den i en recipientlokal avviker med mer än 10% av värdet i referensen. För LSI och GSI är motsvarande värde 25%. CES finns inte framtaget för tillväxt och könsmognad.

Kemiska analyser

Efter bestämning av de morfometriska måtten preparerades muskel- och leverprov fram och bereddes till homogenat i olika burkar representerande olika kategorier av analyser. Från varje område bereddes tre samlingsprov. Samlingsproverna utgjordes i sin tur av muskelkött och levervävnad från 7–10 abborrindivider. Kemiska analyser av föroreningshalter utfördes vid IVL Svenska Miljöinstitutets laboratorier i Göteborg och Stockholm med undantag för analyser av dioxiner, furaner och dioxinlika PCBer vilka utfördes på ALS Globals laboratorium i Prag, Tjeckien. Proverna analyserades för metaller och organiska föreningar (**Tab. 3**) enligt standardmetoder; för Hg, US EPA 1631, övriga metaller, SS-EN 13805:2014, PCDD/F, US EPA 1613, PCB, DDT, och HCB, SS-EN 16167:2018, EN ISO 6468:1996.

Tabell 3. Analyserade ämnen och matriser.

| Ämne | Matris | Laboratorium |
|--|------------------|---------------|
| Kvicksilver (Hg) | Muskel | IVL Göteborg |
| Bly (Pb), Kadmium (Cd), Arsenik (As), Koppar (Cu), Krom (Cr), Nickel (Ni), Zink (Zn) | Lever | IVL Göteborg |
| DDT, HCB, PCB | Muskel | IVL Göteborg |
| Dioxinlika ämnen | Muskel och lever | ALS Prag |
| PFAS | Muskel och lever | IVL Stockholm |

Kvicksilver redovisas både som uppmätt halt och som normerad till att motsvara fisk av konsumtionsstorlek (ca 3-hg), enligt metod beskriven i Meili et al. (2004). Normeringen genomförs i och med att kvicksilver tenderar att öka i halt med ökande storlek på fisken. De organiska föreningarna HCB, DDT, PCB och PCDD/F har normerats till att motsvara fisk av 5% fetthalt i enlighet med Havs- och vattenmyndighetens vägledning för miljöövervakning. Detta för att normalisera halten mot den i fetare fisk och möjliggöra jämförelser. Halterna har normerats mot genomsnittlig fetthalt (0,72 %) i abborre som fångats i IVLs undersökningar under senare år (Waldetoft et al., 2023). Det innebär att den halt som uppmättes har multiplicerats med en faktor $5/0,72=6,9$.

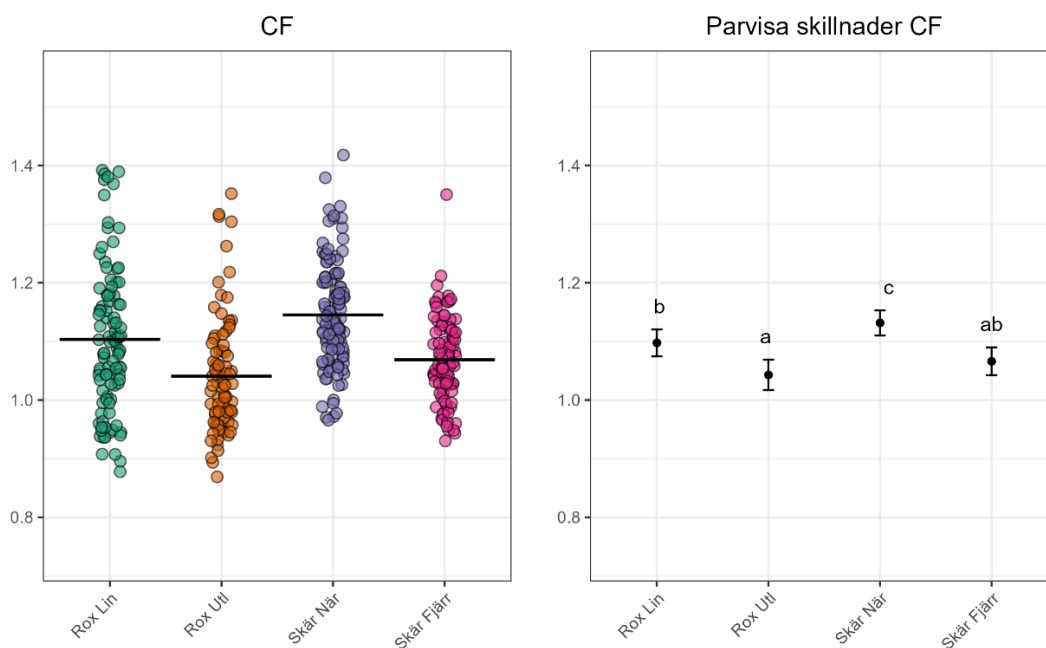
Resultat

Fiskhälsa

För CF, LSI och GSI redovisas resultaten från regressionsmodellerna grafiskt. Varje deskriptiv figur har kompletterats med estimerade medelvärden och konfidensintervall för dessa (benämns "Parvisa skillnader"). Varje lokal är märkt med en eller två bokstäver. Dessa utläses som att två lokaler märkta med åtminstone en gemensam bokstav **inte** har signifikant olika medelvärden. Till exempel: En lokal märkt "ac" är signifikant skild från en lokal märkt "b", men inte signifikant skild från en lokal märkt "ab".

Konditionsfaktor (CF)

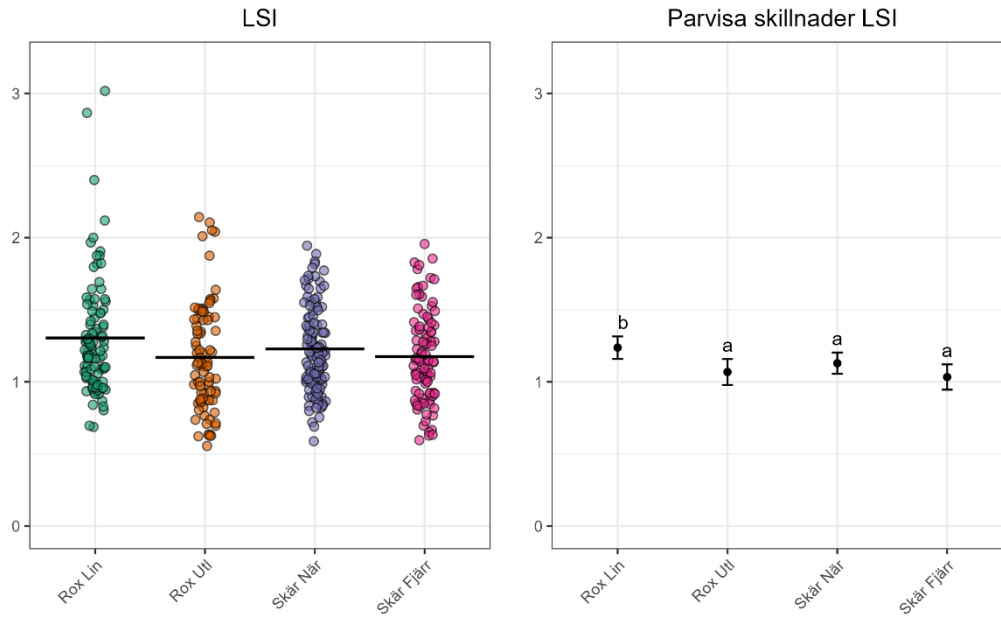
Konditionsfaktorn var signifikant högre i närrecipienten jämfört med övriga lokaler (**Fig. 3**). Den numeriska skillnaden mellan medelvärdena var emellertid mindre än CES (10%) varför skillnaden inte klassificeras som en avvikelse.



Figur 3. Konditionsfaktor (CF). Vänster panel: en cirkel för varje individ, horisontella streck avser medelvärden. Höger panel: resultat av post-hoc test. Lokaler märkta med minst en gemensam bokstav är ej signifikant skilda från varandra.

Leversomatiskt index (LSI)

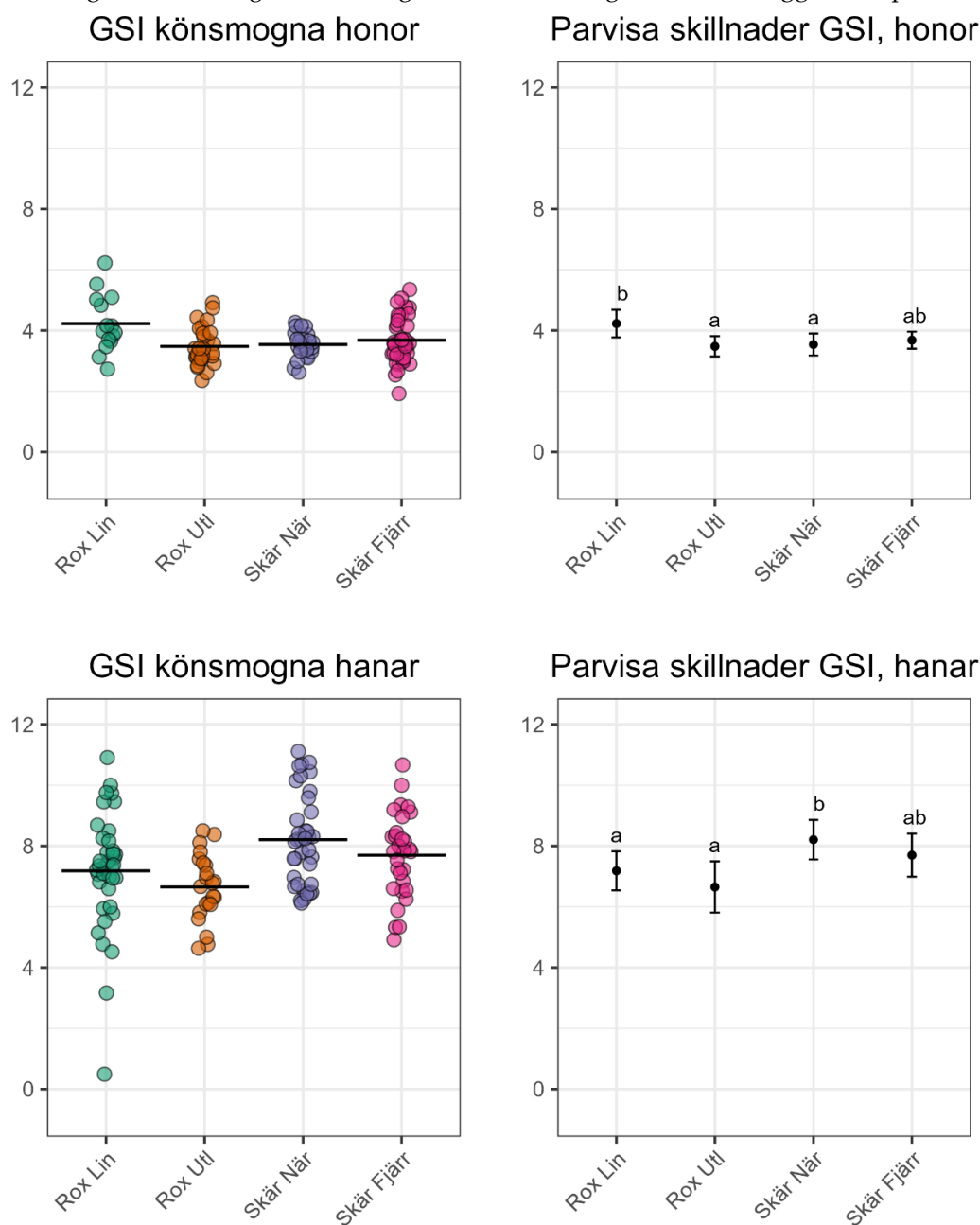
LSI i närrecipienten avvek inte signifikant från fjärrecipienten eller stationen vid Roxens utlopp (**Fig. 4**). Lokalen vid Roxen i närheten av Linköping avvek signifikant från övriga lokaler. Skillnaden var emellertid numeriskt liten och inte att betrakta som en avvikelse.



Figur 4. Leversomatiskt index (LSI). Vänster panel: en cirkel för varje individ, horisontella streck avser medelvärden. Höger panel: resultat av post-hoc test. Lokaler märkta med minst en gemensam bokstav ej signifikant skilda från varandra.

Gonadsomatiskt index (GSI)

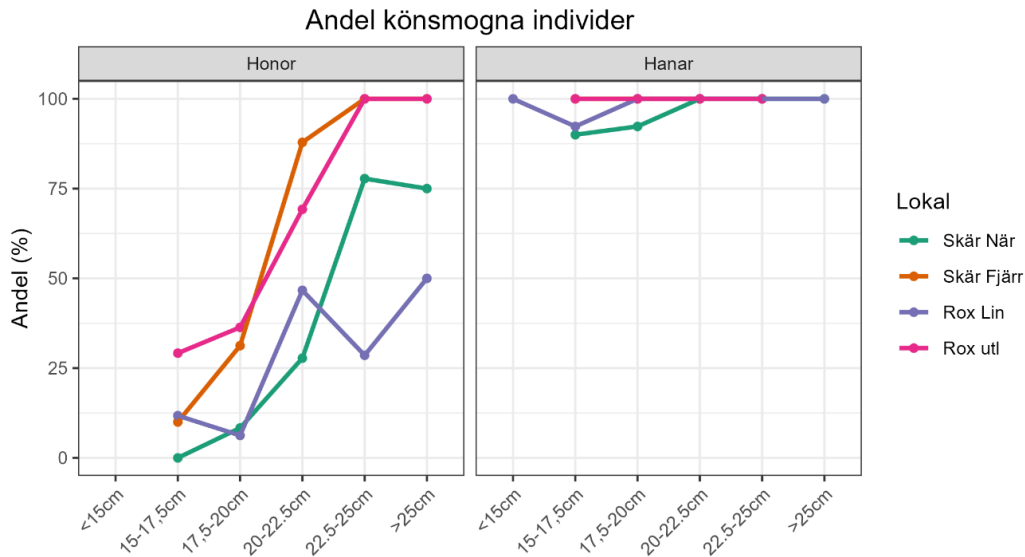
För könsmogna honor förelåg signifikanta skillnader med högre GSI i referenslokalen vid Linköping jämfört med Roxens utlopp och Skärblackas närrecipient (Fig. 5). Könsmogna hanar skiljde sig signifikant i närrecipienten jämfört med de två referenslokalerna. Avvikelserna var i bägge fallen numeriskt liten. Skillnaderna överskred emellertid inte CES (25 %) varför den sammanvägda bedömningen blir att ingen avvikelse vad gäller GSI föreligger i recipienten.



Figur 5. Gonadsomatisk index (GSI). Redovisas endast för könsmogna individer. En cirkel för varje individ, horisontella streck avser medelvärden. Lokaler märkta med minst en gemensam bokstav ej signifikant skilda från varandra.

Könsmognad

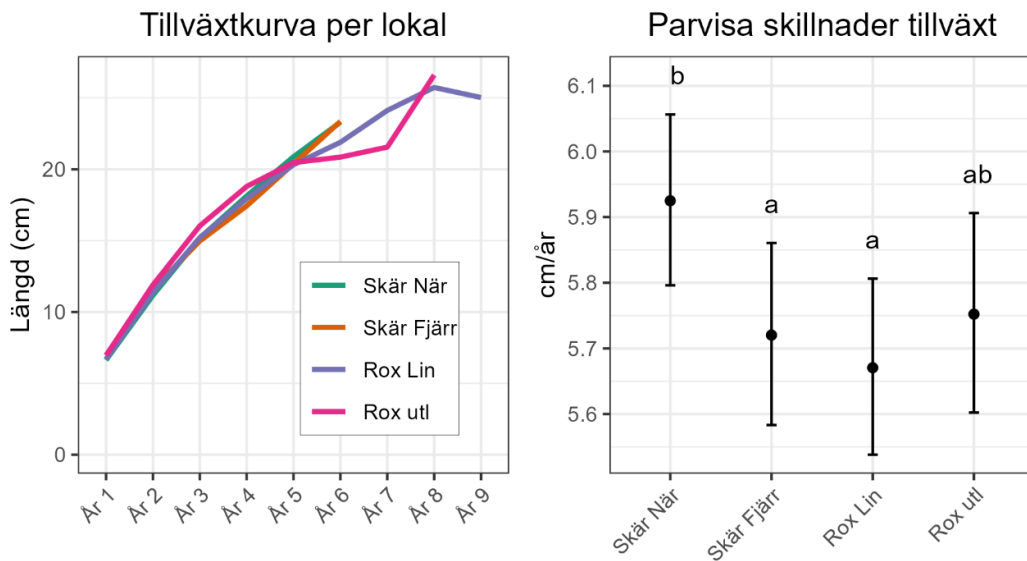
Könsmognadsgraden för honor var lägre för abborrar fångade i närrecipienten och stationen i Roxen utanför Linköping (Fig. 6). Motsvarande skillnader förelåg inte för undersökta hannar. Här var könsmognadsgraden i det närmaste 100 % vid samtliga lokaler.



Figur 6. Andel könsmogna honor per 2,5 cm längdintervall.

Tillväxt

Skillnader i tillväxt (cm/år) mellan olika åldersklasser var överlag liten (Fig 7). Signifikant högre tillväxt förelåg i närrecipienten men den numeriska skillnaden jämfört mot övriga lokaler var liten (>10 %) varför det inte klassificeras som en avvikelse.

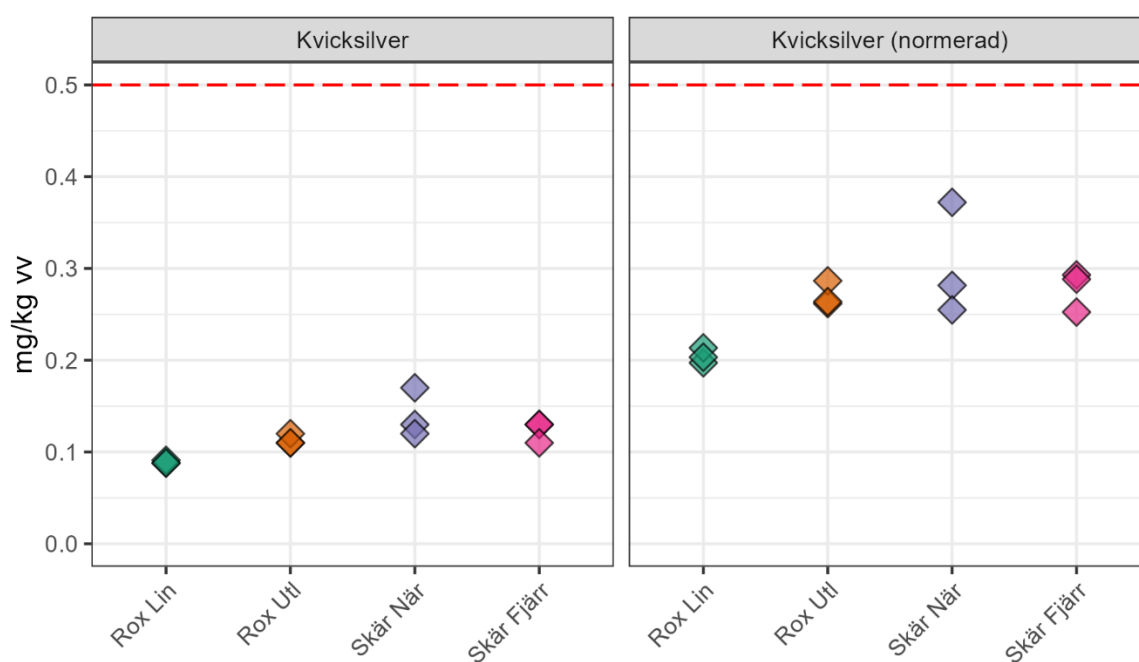


Figur 7. Tillväxtkurva visande genomsnittlig längd per lokal och tillväxtår (vänster). Resultat efter regressionsmodell som förklarar skillnader i tillväxt mellan lokaler (höger). Lokaler märkta med minst en gemensam bokstav är inte signifikant skilda från varandra.

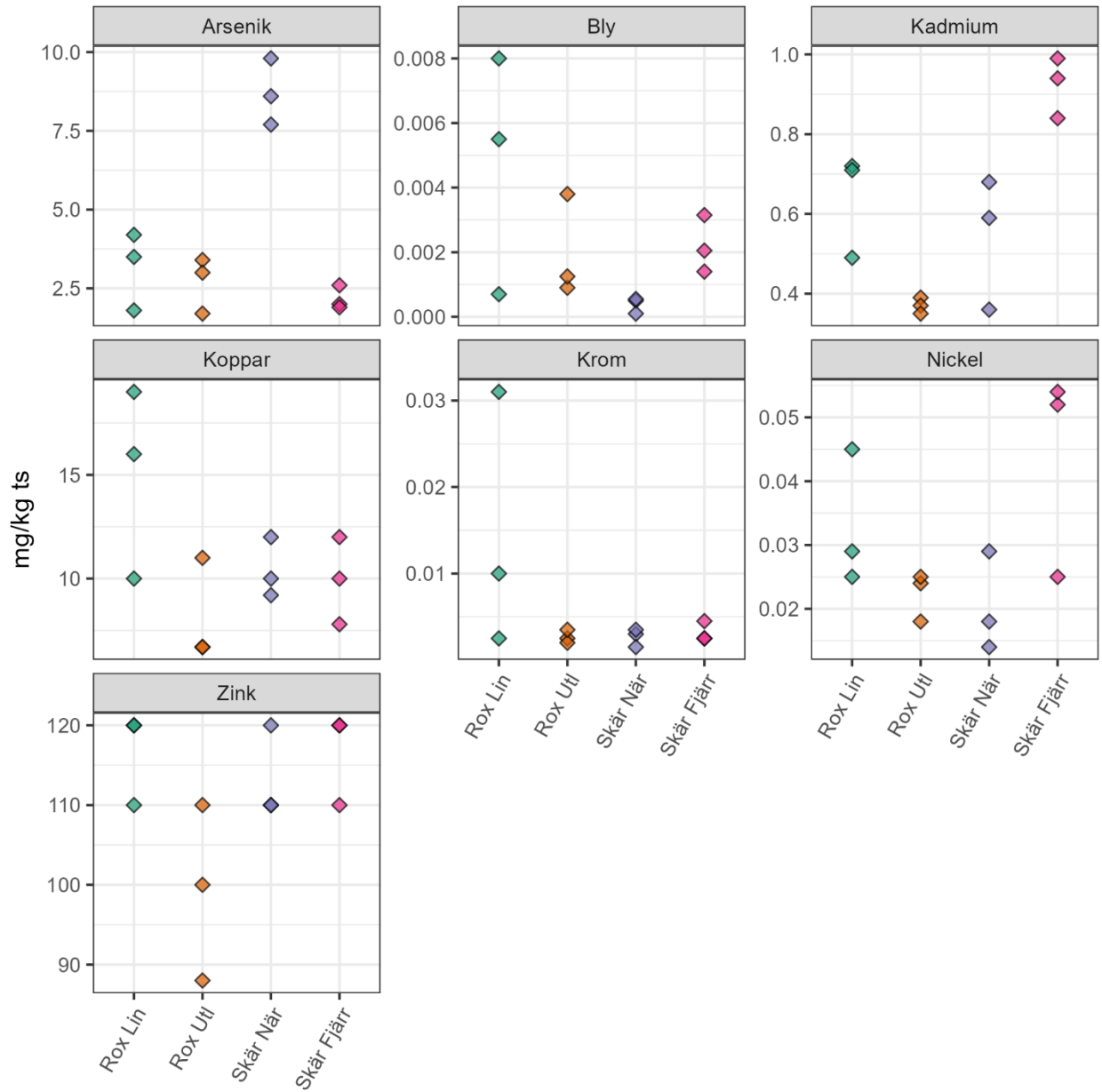
Halter av olika föroreningar

Metaller

Av undersökta metaller (Fig. 8, Fig. 9) var halter av arsenik högre i levervävnad från abborre fångade i närrecipienten. I fisk förekommer arsenik i en organiskt bunden form. Den anses inte giftig för människa utan och utsöndras via urinen (Taylor et al., 2017). I övrigt förelåg inga systematiska skillnader mellan de undersökta lokalerna. Halterna av kvicksilver, vilket är ett relevant ämne från ett humankonsumtionsperspektiv, var normala för syd- och mellansvenska sjöar och indikerar inget bidrag från lokala punktkällor i vare sig Roxen eller Glan. Inom EU finns ett saluföringsgränsvärde på 0,5 mg/kg vv som yrkesfiskare har att förhålla sig till. Detta värde underskreds med marginal i samtliga lokaler i abborre normerad till konsumtionsstorlek (3 Hg).



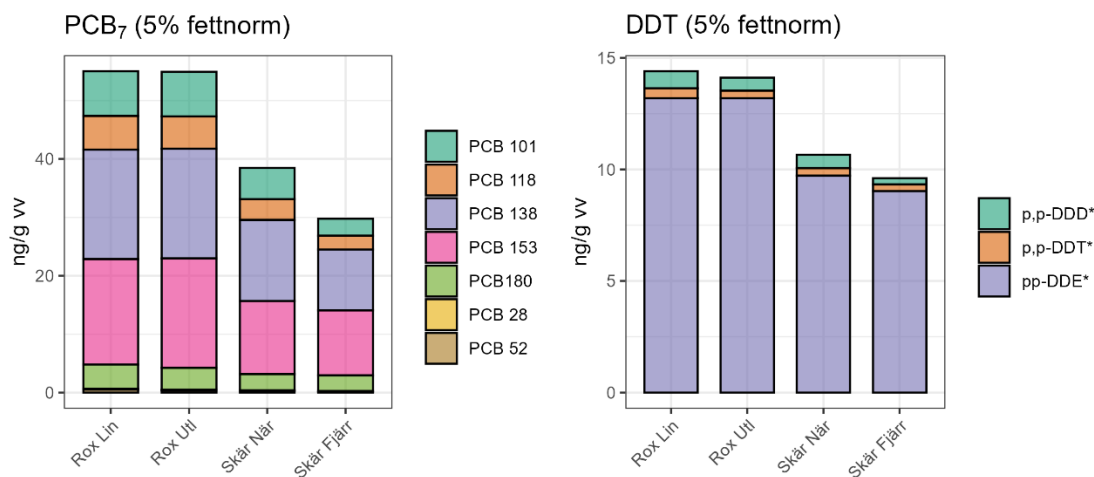
Figur 8. Kvicksilverhalter i samlingsprover (7–8 individer av 15–20 cm längd) av abborrmuskel (vänster), samt kvicksilverhalter normerade att motsvara fisk av 3-hektos storlek (höger). Gränsvärde för saluföring på 0,5 mg/kg vv markerat med röd linje.



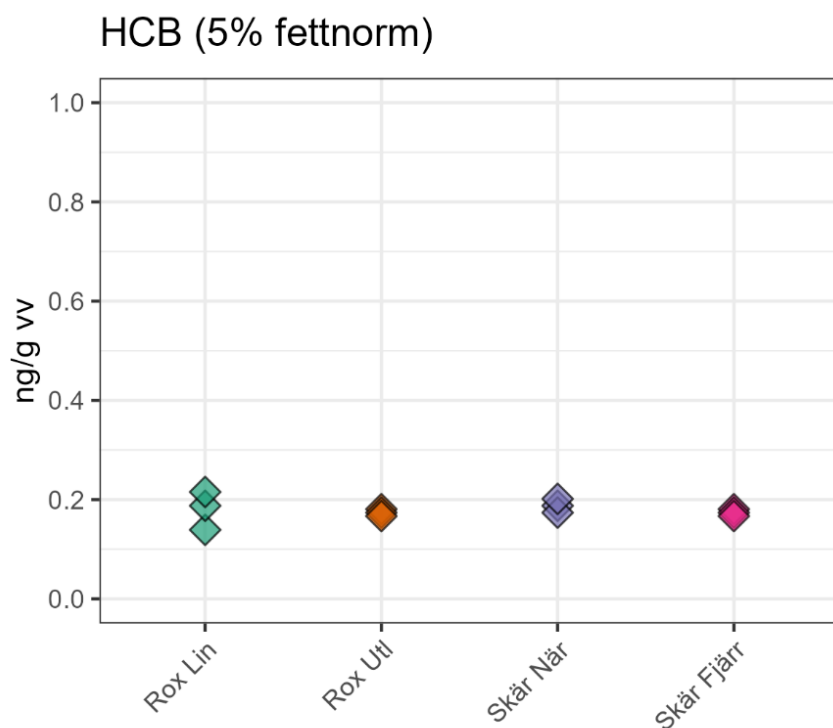
Figur 9. Metallhalter (As, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni och Zn) i samlingsprover av levervävnad i abborre från de olika fiskelokalerna.

Organiska föreningar

För halter av ΣPCB_7 och ΣDDT_3 går att skönja en avtagande gradient med högst halter i västra Roxen och successivt avklingande österut i Motala ströms flödesriktning (Fig. 10). För ΣPCB_7 finns en miljörelaterad bedömningsgrund (HVMFS 2019:25, ekologisk status, särskilt förorenande ämnen) som ligger på 75 ng/g vv och som underskreds vid samtliga lokaler. För halter av hexaklorbensen (HCB) förelåg inga skillnader mellan lokalerna. För detta ämne finns ett gränsvärde för kemisk status (HVMFS 2019:25) som ligger på 10 ng/g vv och således med stor marginal underskrids.

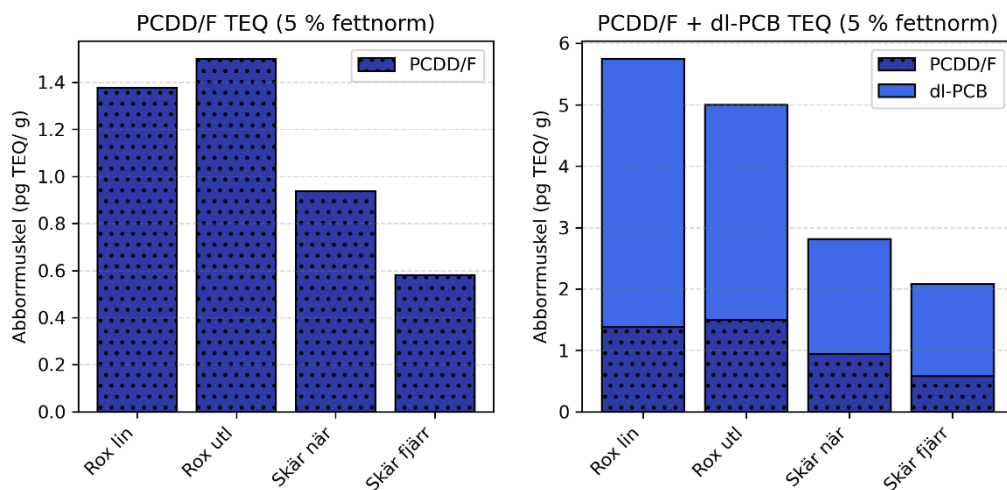


Figur 10. Halter av PCB₇ (indikatorkongener) och DDT och i fiskmuskelvävnad från samlingsprover normerade till 5 % fetthalt.

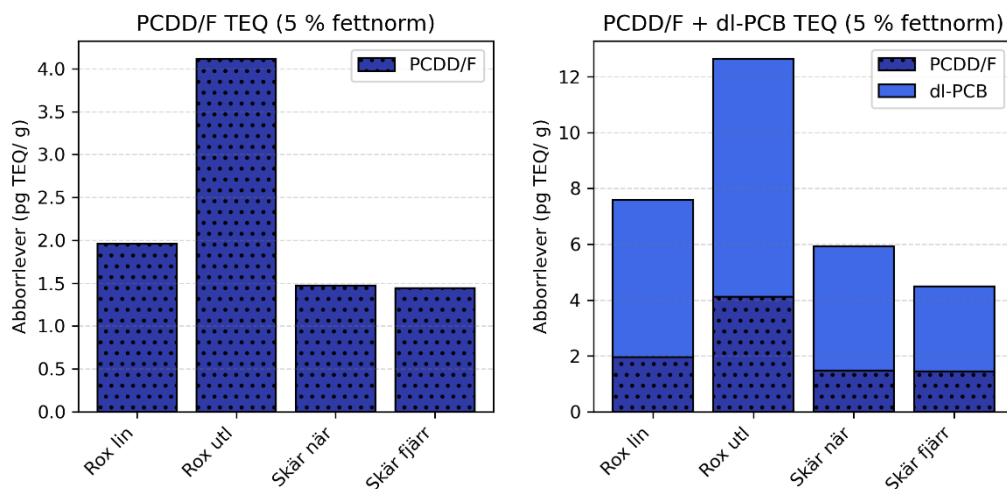


Figur 11. Hexaklorbensen (HCB) i samlingsprov av fiskmuskel. Normerad till 5 %-fetthalt.

Även för dioxiner (PCDD/F) och dioxinlika PCB-er (dl-PCB) finns en tendens till högre halter i Roxen. För summan av PCDD/F + dl-PCB finns ett gränsvärde för kemisk status, tillika saluföringsgränsvärde inom EU som ligger på 6,5 pg/g vv och som underskreds vid samtliga lokaler.



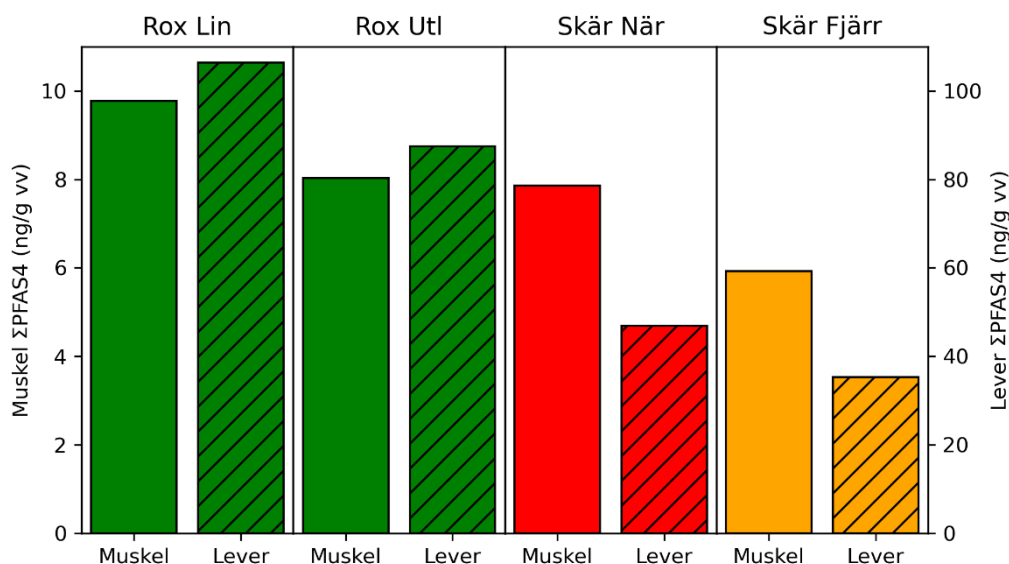
Figur 12. PCDD/F och PCDD/F + dl-PCB i samlingsprov från abborrmuskel. Normerad till 5 %-fetthalt utifrån antagen fetthalt 0,8 % (Waldetoft et al., 2020).



Figur 13. PCDD/F och PCDD/F + dl-PCB i samlingsprov från abborrlever normerad till 5 %-fetthalt.

PFAS

PFAS-halter mättes i både muskel- och levervävnad (**Fig. 14**). Även vad gäller Σ PFAS₄ noteras en avtagande gradient i flödesriktningen med högst halter i västra Roxen och lägst i östra Glan. Halterna i levervävnad var storleksordningen 10 gånger högre än i muskelvävnad, vilket gör den till en användbar indikator i de fall man har PFAS-nivåer som tangerar detektionsgränserna i muskelvävnad.



Figur 14. Σ PFAS₄ i muskel- (vänster axel) respektive levervävnad (höger axel).

Sammanfattande diskussion

Under 1980-talet började fiskundersökningar allmänt tillämpas som ett verktyg för att bedöma miljöpåverkan av skogsindustriella utsläpp (Sandström et al., 2016). Den inneboende toxiciteten i skogsindustriella avloppsvatten var vid denna tidpunkt betydande och manifesterades i flera fall i nedsatt fiskhälsa. Flertalet fabriker genomförde därför olika miljöskyddsåtgärder för att minska sin miljöpåverkan. Hälsotillståndet hos fisk i recipienten till Skärblacka bruk har tidigare undersökts 1993 (Grotell & Härdig, 1994). Bedömningen som då gjordes var att de skogsindustriella utsläppen reducerats till nivåer som inte orsakade några negativa effekter på hälsotillståndet hos viltlevande fisk. Uppföljande experimentella studier där regnbåge (Grahm et al., 2001) och sebrafisk (Viktor & Brorström-Lundén, 2004) exponerades för avloppsvatten från fabriken pekade i samma riktning. Under de 25–30 år som förflutit sedan dessa studier genomfördes har ytterligare åtgärder genomförts vid Skärblacka bruk för att minska miljöpåverkan. Det är således inte överraskande att den sammanvägda bedömningen av den fiskundersökning som nu genomfört inte visar några tecken på nedsatt hälsotillstånd eller fortplantningsförmåga hos abborre i recipienten. Resultaten pekar i samma riktning som andra undersökningar som genomförts i svenska skogsindustriella recipienter under senare år (Waldetoft et al., 2023) och visar att de modifieringar av process- och reningskoncept som genomförts haft önskvärd effekt.

En av de vanligast förekommande föroreningarna i skogsindustrirecipienter har historiskt varit kvicksilver. Kvicksilver användes från 1940-talet och fram slutet av 1960-talet som pesticid i processen för att motverka påväxt på processutrustning och även som konserveringsmedel vid produktion av våt massa (Svidén, 2003). Kvicksilver förekom även som förorening i natronlut som framställdes vid klor-alkalifabriker. Efter att förbud mot kvicksilveranvändning infördes 1968 har kvicksilverhalter i fisk generellt minskat men förekommer alltjämt i förhöjda halter i några recipienter (Sandström et al., 2016). Kvicksilverhalterna i abborre från Skärblackarecipienten var vid undersökningen inte förhöjda jämfört med angränsande lokaler (**Fig. 8**). Uppmätta halter normerade till fisk av konsumtionsstorlek ligger väl under gränsvärdet för saluföring inom EU och innebär således ingen hämsko för kommersiellt fiske i vare sig Roxen eller Glan.

En annan förorening med tydlig koppling till skogsindustri är dioxiner som oavsiktligt bildades när blekning med elementärt klor tillämpades vid fabrikerna. Kloranvändningen fasades ut under början av 1990-talet. Det förelåg ingen haltförhöjning av dioxiner i fisk från närrecipienten (**Fig. 12; Fig. 13**) som indikerar att den historiska kloranvändningen alltjämt gör sig gällande i Skärblackarecipienten. Halterna av dioxiner och andra klororganiska ämnen (PCB, DDT) var högre i Roxen, dock inte till nivåer som föranleder behov av särskilda råd kring humankonsumtion, liknande de som finns för fet fisk från Östersjön, Väneren och Vättern (Hållén et al., 2020).

Även när det gäller PFAS var halterna något högre i Roxen jämfört med Glan (**Fig. 14; Fig. 15**). Det saknas således tecken på att den historiska användningen av PFAS vid Skärblacka bruk vid tillverkning av smörpapper på 1980-talet (Karlsson et al., 2025a.) och som går att avläsa som förhöjda halter i sediment (Kärrman et al., 2022) ger upphov till förhöjda halter i fisk. Ur ett nationellt perspektiv var halterna vid de undersökta lokalerna i Motala ström förhållandevis höga dock inte till nivåer som uppmäts exempelvis i lokalt förorenade sjöar i Stockholmsregionen (Karlsson et al., 2025b). Det svenska Livsmedelsverket har ännu inte tagit fram några specifika kostråd för PFAS i fisk då man inväntar en pågående risk-nyttovärdering som genomförs på EU-nivå. Den förväntas bli klar under 2026.

Det enda av de undersökta ämnena/ämnesgrupperna där det går att avläsa en haltförhöjning i fisk från närrecipienten till Skärblacka är arsenik (**Fig. 9**). Liknande förhållande med högre arsenikhalter i levervävnad i fisk från Glan jämfört med Roxen har även förekommit i tidigare undersökningar (Grotell, 2010). Förhöjda arsenikhalter har tidigare påvisats i anslutning till sulfidfabriker där det förekommit hantering så kallad kisaska, en biprodukt från framställning av svavelsyra till kokprocessen genom rostning av svavelkis.

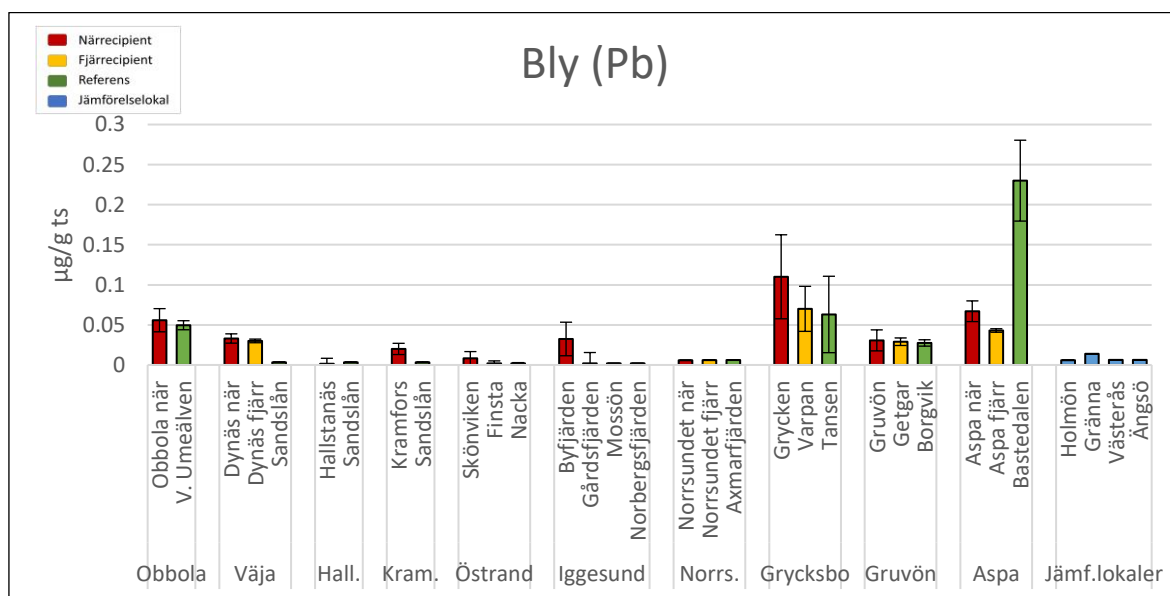
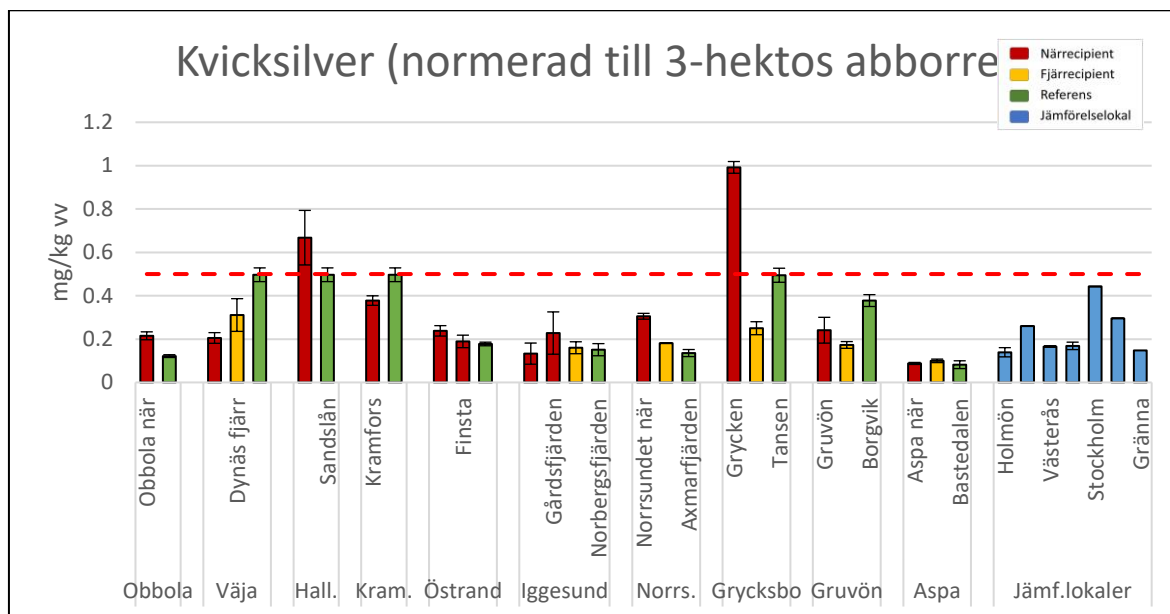
Sammantaget har den genomförda undersökningen tecknat en positiv bild av miljösituationen i recipienten till Skärblacka bruk. Det saknas tecken på att nuvarande eller historiska utsläpp påverkar fiskhälsan negativt. Föroreningshalterna är med något undantag inte förhöjda jämfört med omgivande lokaler. Sett över hela det undersökta vattensystemet Roxen-Glan är föroreningsnivåerna i fisk på en nivå som kan beskrivas som en "urban bakgrundsnivå" dvs högre än vad som normalt uppträder i opåverkade bakgrundslokaler men lägre än i vattenområden tydligt påverkade av punktkällor (Karlsson et al., 2025b).

Referenser

- Grahn, O., C. Grotell & O. Sangfors, 2001. Studier av LAS-behandlat avloppsvatten vid Billerud Skärblacka AB 2000. Rapport från Miljöforskargruppen F01/14.
- Grotell, C., 2010. Miljökonsekvenser av utsläpp till vatten Billerud Skärblacka. ÅF-rapport 2010-10-23.
- Grotell, C., & J. Härdig, 1994. Fiskfysiologisk undersökning i Glan - recipient till Skärblacka Bruk. Rapport från Miljöforskargruppen F94/025.
- Hällén, J., Waldetoft, H., Viktor, T., Ogonowski, M., Andersson, G. & Karlsson, M. (red.), 2020. Dioxiner i fet fisk från Östersjön, Vänern och Vättern. IVL-rapport B2402.
- Karlsson, M., Jonsson, A., Thorsén, G., Awad, R., Hällén J. & Strömberg L. 2025a. PFAS-förekomst i svensk massa- och pappersindustri - Inledande kartering och riskbedömning. IVL-rapport B10133.
- Karlsson, M., Jonsson, A. & Waldetoft, H., 2025b. PFAS och kvicksilver i konsumtionsfisk från Stockholms stads vattenområden. Miljöförvaltningen, Stockholms stad, 2025-01-08.
www.richwaters.se/wp-content/uploads/Rapport-PFAS-Hg-konsumtionsfisk-LIFE-IP-RW_klar.pdf
- Kärman, A., Fredriksson, F., Yuen, N.T.C. & Yeung, L.W.U., 2022. Screening av per- och polyfluoralkyl substanser (PFAS) i sediment och vatten i närheten av pappersindustrier. Örebro universitet, 2022-12-02.
- Meili, M. et al., 2004. Modelling critical loads of metals for aquatic ecosystems: Critical levels of mercury in precipitation. – In: United Nations Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (UN/ECE-CLRTAP), Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping of critical loads & levels and air pollution effects, risks, and trends. Federal Environmental Agency, Berlin, UBA-Texte 52/04, Chapter 5.5.3.2, pp. V.60-63. (ISSN 0722-186X).
- Sandström, O., Grahn, O., Larsson, Å., Malmaeus, M., Viktor T. & Karlsson M. (red.), 2016. Återhämtning och kvarvarande effekter i skogsindustrins recipienter – Utvärdering av 50 års miljöundersökningar. IVL-rapport B2272.
- Svidén, J., 2003. Kviksilvrets miljöhistoria. ISBN 91-631-3649-X. Kompendiet Göteborg, 327 sid.
- Taylor V, Goodale B, Raab A, Schwerdtle T, Reimer K, Conklin S, Karagas MR, Francesconi KA., 2017. Human exposure to organic arsenic species from seafood. Sci. Total Environ. 580:266-282.
- Viktor, T. & E. Brorström-Lunden, 2004. Flergenerationstest med sebrafisk (*Danio rerio*) exponerade för utgående avloppsvatten från Skärblacka bruk. IVL-rapport U979.
- Waldetoft, H., Hällén, J. & Karlson, M., 2020. Kontrollprogram för fibersediment – bedömning av miljöpåverkan genom fiskundersökningar. IVL-rapport B2396.
- Waldetoft, H., Hällén, J. & Karlson, M., 2023. Vidareutveckling av fiskundersökningar som verktyg för miljöbedömningar i industrirecipienter. IVL-rapport B2468.

Bilaga A– Jämförelse av halter från ett nationellt perspektiv

Följande figurer avser data från fiskundersökningar genomförda 2018-2019 och som redovisats av Waldetoft et al. (2020¹) samt vad avser PFAS en fiskundersökning genomförd 2023 (Karlsson et al., 2024²).



¹ Waldetoft, H., Hällén, J. & Karlson, M., 2020. Kontrollprogram för fibersediment – bedömning av miljöpåverkan genom fiskundersökningar. IVL-rapport B2396

² Karlsson, M., Jonsson, A. & Viktor, T., 2024. PFAS i konsumtionsfisk och signalkräfta från Hjälmaren och Mälaren. KEAB rapport 2024:2

