

Fiskedød på Sig Fiskeri 2011-2012

Redegørelse til brug ved Sig Fiskeris retslige søgsmål mod Naturstyrelsen

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 9. april 2015

Peter Wiberg-Larsen¹, Alfred Jokumsen² & Poul Nordemann Jensen³

¹Institut for Bioscience, AU

²Institut for Akvatiske Ressourcer, DTU Aqua

³Nationalt Center for Miljø og Energi - DCE, AU

Rekvirent:

Naturstyrelsen & Dahl Advokatfirma

Antal sider: 26

Faglig kommentering:

Jes Rasmussen, Institut for Bioscience

Per Bovbjerg Pedersen, DTU Aqua

Kvalitetssikring, centret:

Lars M. Svendsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

1	Redegørelsens formål	3
2	Sagens baggrund	4
3	Spørgsmålene som redegørelsen skal besvare	5
4	Konklusion	6
5	Anvendte data og oplysninger	7
6	Vandkvaliteten i Varde Å	9
6.1	Vandkemiske målinger	9
6.2	Makroinvertebrater som indikatorer for vandkvaliteten i Varde Å	14
6.3	Vurdering af den potentielle tilførsel af ferro-jern som følge af den udførte vandløbsrestaurering	17
6.4	Besvarelsen af spørgsmålene 1-3	18
7	Fiskedød i Sig Fiskeri	19
7.1	Forekomst af for fiskene i Sig Fiskeri toksiske koncentrationer af ferro-jern i indløbsvandet til dambruget	19
7.2	Besvarelse af spørgsmål 4	21
8	Vurdering af potentielle afværgeforanstaltninger i forbindelse med fiskedød i Sig Fiskeri	23
8.1	Besvarelse af spørgsmål 5: Hvilken skadevirkning kan det have haft, at dambruget har sat fisk i produktionsanlægget inden udløbet af karantæneperioden 1. januar 2010 – 1. januar 2011, hvor der er målt forhøjede koncentrationer af ferro-jern?	23
8.2	Besvarelse af spørgsmål 6: Kan skønsmanden pege på tabsbegrænsende foranstaltninger, som dambruget kunne have udført for at begrænse skadevirkningerne ved den eventuelt konstaterede udvikling i fiskenes sundhedstilstand?	23
8.3	Besvarelse af spørgsmål 7: Hvis Sig Fiskerier kunne have gennemført tabsbegrænsende foranstaltninger, hvilke foranstaltninger var det økonomisk og teknisk muligt at gennemføre i perioden 1. januar 2011 – 31. december 2012.	23
9	Litteratur	25

1 Redegørelsens formål

Denne faglige redegørelse skal indgå som et element i afgørelsen af en tvist imellem Sig Fiskeri, repræsenteret ved Dahl Advokatfirma, og Naturstyrelsen. Tvisten går på, om den i årene 2009-2010 gennemførte restaurering af Varde Å som et led i handlingsplanen for den udryddelsestruede fisk, snæbel, har været årsag til omfattende fiskedød og dermed tab for Sig Fiskeri, og om Naturstyrelsen i givet fald er pligtig til at kompensere dambruget økonomisk.

2 Sagens baggrund

Naturstyrelsen har i perioden august 2009 til juli 2010 gennemført en meget omfattende restaurering af Varde Å med tilløb. Der blev genslynget en strækning af Varde Å fra Ansager Stemmeværk til Vesterbækvej (Sig). Derudover blev vandet fra Ansager Å, som tidligere via Ansager Kanal blev ledt til Karlsgårde Sø, udledt som oprindeligt til den øvre del af Varde Å (Grindsted Å). Herved er stemmeværket ved Ansager nedlagt. Endelige er det tidligere stemmeværk ved Sig Fiskeri nedlagt i forbindelse med en total ombygning af dette dambrug til et såkaldt modeldambrug med delvist recirkulering af det indtagne vand fra Varde Å.

Sig Fiskeri blev således ombygget og ibrugtaget ultimo september 2010. Det var i fuld drift fra og med april 2011. Dambruget indvinder ca. 400 L/s fra Varde Å til den daglige drift. Sig Dambrug producerer regnbueørred. Bestanden omfatter - afhængig af årstid og produktionstilrettelæggelse - fisk i størrelsen 20-340 g.

I forbindelse med ibrugtagningen af det ombyggede dambrug var der aftalt en såkaldt karantæneperiode (driftsstop) (1. januar 2010 til 1. januar 2011). Formålet med karantæneperioden var at sikre dambruget imod eventuelle "følgeeffekter" af restaureringen (fx sedimenttransport når det nygravede vandløb arbejdede og der herved blev flyttet finkornet materiale ved de naturlige fysiske vandløbsprocesser).

Desuagtet at der ikke var påregnet nogen effekt på vandkvaliteten i Varde Å som følge af restaureringen (Hedeselskabet 2006), kunne Sig Fiskeri i løbet af 2011 konstatere omfattende fiskedød i dammene. Ifølge Sig Fiskeri var årsagen okkerproblemer, hvor okkeren blev udfældet på fiskenes gæller med øget dødelighed og mistrivsel til følge. På denne baggrund har dambruget via deres advokat (Dahl Advokatfirma, Viborg) fremsat krav om økonomisk kompensation for tab i forbindelse med produktionen. Årsagen til kravet er - ud over selve tabet - at nedlæggelsen af det oprindelige stemmeværk og etableringen af et nyt forløb af Varde Å opstrøms for dambruget angiveligt har sænket åens oprindelige vandspejl, og dermed ført til øget frigivelse af skadelige jernforbindelser fra de såkaldt "okkerpotentielle" områder som findes langs åen.

Nærværende redegørelse er udarbejdet på denne baggrund - efter anmodning fra begge sagens parter.

3 Spørgsmålene som redegørelsen skal besvare

Ifølge e-mail fra Naturstyrelsen v. Jan Steinbring Jensen til DCE/DTU Aqua, dateret 11. december 2014, skal redegørelsen besvare følgende spørgsmål:

1. Har naturgenopretningsprojektet forårsaget ændringer i koncentrationen af jern i Varde Å på strækningen som [i redegørelsen defineret] af midlertidig eller permanent karakter?
2. Hvis ja, dokumenterer de udtagne prøver, at projektets gennemførelse i perioden 1. august 2009 – 1. juli 2010 en stigning til et toksisk niveau af ferro-jern?
3. Dokumenterer de udtagne prøver, at naturgenopretningsprojektet har forårsaget ændringer i koncentrationen af ferro-jern?
4. Er koncentrationen af ferro-jern toksisk for de arter, der produceres på Sig Fiskerier?
5. Hvilken skadevirkning kan det have haft, at dambruget har sat fisk i produktionsanlægget inden udløbet af karantæneperioden 1. januar 2010 til 1. januar 2011, hvor der er målt forhøjede koncentrationer af ferro-jern?
6. Kan skønsmanden pege på tabsbegrænsende foranstaltninger, som dambruget kunne have udført for at begrænse skadevirkningerne ved den eventuelt konstaterede udvikling i fiskenes sundhedstilstand?
7. Hvis Sig Fiskerier kunne have gennemført tabsbegrænsende foranstaltninger, hvilke foranstaltninger var det økonomiske og teknisk muligt at gennemføre i perioden 1. januar 2011 til 31. december 2012?

På baggrund af møde den 7. januar 2015 på Ferskvandscenteret i Silkeborg, hvori deltog syns- og skønsmændene og repræsentanter for sagens parter og rådgivere, samt e-mail korrespondance med Naturstyrelsen v. Jan Steinbring Jensen (13. januar 2015), kan spørgsmål 1-3 sammenfattes således:

Har genopretningen af Varde Å, som blev udført i perioden 1. august 2009 til 1. juli 2010 på strækningen fra Ansager Stemmeværk til afløbet fra Karlsgårde Sø, medført midlertidige eller permanente ændringer i indholdet af ferro-jern i åen ved vandindtaget til Sig Fiskeri, og er der i givet fald tale om stigninger til toksiske niveauer af ferro-jern? Spørgsmålet besvares med udgangspunkt i en række relevante data og oplysninger, som er beskrevet i afsnit 5.

4 Konklusion

Den statistiske analyse på målinger af total jern fra Varde Å ved Vagtborghus (beliggende ca. 6 km nedstrøms for Sig Fiskeri) viste, at niveauet af dette ikke er ændret på denne station fra før, under og til efter restaureringen. Målingerne kan dog ikke anvendes til vurderinger af, om der er sket ændringer i ferro-jern indholdet i vandløbet opstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri som en følge af den gennemførte restaurering af Varde Å. Den konstante stigning i pH og det uændrede niveau i total-alkalinitet ved Vagtborghus tyder dog ikke på en ændret mobilisering af ferro-jern fra de okkerpotentielle områder, som findes langs åen opstrøms for Sig Fiskeri.

De foreliggende undersøgelser af smådyrsfaunaen i Varde Å opstrøms for Sig Fiskeri indikerer ikke, at der skulle være sket en ændring i indholdet af ferro-jern – herunder til for smådyrsfaunaen toksisk kritiske værdier (vurderet som vinter-middelværdier) - opstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri som en følge af den gennemførte restaurering af Varde Å.

Det kan imidlertid sandsynliggøres, at fiskene i dambruget (art og størrelse taget i betragtning) i væsentligt omfang døde (direkte og indirekte) eller fik nedsat immunforsvar/vækst som følge af okkerudfældninger på deres gæller. Det kan også sandsynliggøres, at okkerudfældningerne skyldes periodevis forekomst af koncentrationer af ferro-jern i indløbet til dambruget, der har været tilstrækkelig høje til at medføre dødelige okkerskader på fiskenes gæller.

Det kan derimod ikke dokumenteres eller sandsynliggøres, at restaureringen har været årsag til de målte koncentrationer af ferro-jern i indløbsvandet til dambruget. Således blev disse dels ikke målt i perioden før, under og indtil 1½ år efter restaureringsarbejdet, dels har de efterfølgende målinger (ultimo 2012 - 2015) af ferro-jern vist stor variation, men ingen statistisk signifikante forskelle over perioden.

Sig dambrug har fremført, at der er sket en sænkning af vandstanden opstrøms dambruget ud over hvad der er forudsat i projektet. Naturstyrelsen er ikke enig heri, og det er endvidere Naturstyrelsens opfattelse, at der ingen dokumentation foreligger for den af Sig Fiskeri påståede yderligere sænkning – hverken ved indløbet til dambruget eller generelt i selve vandløbet opstrøms dambruget. Der er efter aftale med begge parter foretaget et skøn – under en "værst tænkelig" situation - af den potentielle tilførsel af ferro-jern fra de okkerpotentielle områder, som er berørt af restaureringen (dvs. vandstandssænkningen). På baggrund af dette skøn vurderes det, at dette potentielle bidrag fra restaureringen af Varde å til de relativt høje koncentrationer af ferro-jern målt i indløbsvandet til Sig Fiskeri må betragtes som marginalt.

5 Anvendte data og oplysninger

Der er ved redegørelsen anvendt følgende data/oplysninger – dels udtrukket fra databaser, dels stillet til rådighed af sagens parter:

- Målinger af total-jern, pH og alkalinitet i Varde Å ved Vagtborghus (DMU st. nr. 31000027) for perioden 2000-2014 (data udtrukket af DCE/Bioscience fra den offentlige database, ODA, <https://oda.dk/>). Data er indsamlet som et led i den nationale overvågning af stoftransport (under programmerne NOVA 1998-2003 og NOVANA). Parametervalg, antal og tidspunkter for prøvetagning er generelt og fælles for de nationale stationer. Stationen er beliggende ca. 6,0 km nedstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri og modtager undervejs tilløb fra primært Holme Å, Skonager Lilleå og Karlsgårde Sø. Vandføringen øges således væsentligt undervejs.
- Målinger/beregninger af daglige vandføringer i Varde Å ved Vagtborghus (DMU st. nr. 31000027) for perioden 2009-2013 data fra 2014 var ikke tilgængelige på tidspunktet for udarbejdelsen af redegørelsen). Data er udtrukket fra databasen HYMER.
- Målinger af opløst jern/ferro-jern samt pH udtaget i vandindtaget til Sig Fiskeri på foranledning af dambruget i perioden 20. december 2011 – 18. december 2014. Data er leveret af Sig Fiskeri.
- Prøver af smådyr (makroinvertebrater) indsamlet i Varde Å, umiddelbart opstrøms for Sig Fiskeri, som et led i tilsynet med dambruget. Data omfatter perioden 1997-2014 og er udtrukket af DCE/Bioscience fra databasen WinBio (<https://ofvs.miljoeportal.dk>).
- Fysisk kvalitet (Dansk Fysisk Indeks) i Varde Å hhv. opstrøms for Sig Fiskeri og ved Vagtborghus. Data forsøgt udtrukket for perioden 2000-2014 (<https://ofvs.miljoeportal.dk>), men der blev ingen data fundet.
- Oversigt over okkerpotentielle områder i Varde Kommune (<http://www.vardekommune.dk/Borger/Natur-og-miljoe/Vand/Vandloeb/Okker-i-vandloeb.aspx>)
- Rapport over sygdomsforløbet på Sig Fiskeri
- Sig Dambrugs egenkontrol 2007 – 2012
- Sig Dambrugs driftsjournal 2007 -2012

Der findes ingen data for ferro-jern eller fysisk tilstand i Varde Å via NOVANA eller regional overvågning (myndighedsbaseret overvågning), som kan anvendes i forbindelse med den konkrete redegørelse til belysning af tilstanden såvel opstrøms for Sig Fiskeri som nedstrøms ved Vagtborghus.

Der er udført en række statistiske tests på de vandkemiske og biologiske data. Tests for udvikling over tid er testet ved brug af lineær regression med 5% signifikans niveau ($P < 0,05$, hvis relationen er statistisk signifikant). Forskelle mellem to perioder er baseret på enten t-test (hvis data er normalt for-

delte) eller Mann-Whitney U-test (hvis data ikke er normalt fordelte). Hvor der er testet for forskelle mellem flere perioder samtidig er der anvendt tilsvarende hhv. F-test eller Kruskal-Wallis test. I samtlige tilfælde er anvendt et 5% signifikansniveau.

6 Vandkvaliteten i Varde Å

6.1 Vandkemiske målinger

I forbindelse med nærværende redegørelse er det helt centralt at belyse indholdet af ferro-jern i Varde Å opstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri, og variationen heri i perioden før, under og efter restaureringen af Varde Å på strækningen fra Ansager Stemmeværk til afløbet fra Karlsgårde Sø.

Ferro-jern udvaskes fra jorder med et højt indhold af reducerede (dvs. ikke iltede) og bundne jernforbindelser. I det vestjyske område er der typisk tale om svovlholdige jernforbindelser, det såkaldte pyrit. Når vandstanden sænkes, fx om sommeren og ikke mindst i forbindelse med dræninger eller lignende, ilttes pyritten og der dannes ferro-jern og svovlsyre. Når vandstanden sidenhen hæves i forbindelse med en øget nedbør i vinterhalvåret, udvaskes ferro-jernet og svovlsyren til de nærliggende vandløb. Her ilttes ferro-jernet til ferri-jern og udfældes relativt hurtigt som ferrihydroxid ved pH-værdier over ca. 4,5 (under denne værdi vil ferro-jernet vedvarende være opløst). I de tidlige stadier af okkerdannelsen vil ferrijernet findes på kolloidform (vandholdige i reglen positivt ladede ferrihydroxid partikler med en størrelse under 0,45 µm). Sammen med fraktionen af ferro-jern betegnes det kolloide jern som "opløst" jern. Efterhånden vil okkeren imidlertid udfældes fra vandfasen i partikulær form (ferrihydroxider med en partikelstørrelse over 0,45 µm). Der kan i øvrigt henvises til Sode (2008) og referencer heri.

I praksis skal indholdet af ferro-jern derfor måles "på stedet" for at resultaterne skal være "retvisende". Derved filtreres den udtagne vandprøve straks gennem et 0,45 µm filter, der tilsættes reagens (bipyridin) og den derved dannede farve måles derefter på transportabelt spektrofotometer (DS 219). Hvis den udtagne prøves først bliver analyseret senere i et laboratorium vil den del af ferro-jernet være iltet og forekomme som "opløst jern" (dvs. det som kan passere igennem et filter med porer på 0,45 µm).

Varde Å er beliggende i den nordlige del af Vestjylland (dvs. vest for israndslinjen). Analyser udført af Wiberg-Larsen et al. (2012) har vist, at områdets vandløb adskiller sig markant fra vandløbene i det øvrige Danmark ved at have relativt lavere værdier af pH og alkalinitet. Middelværdien af pH for 159 vandløbsstationer i regionen er således 5,2-8,7 (i gennemsnit 7,2), men vandløbene kan samlet set ikke betegnes som specielt sure. Samtidig har vandløbene i den nordlige del af Vestjylland relativt høje indhold af totaljern (middelværdier: 0,17-9,5 mg/L), højere end på øerne, men ikke i forhold til det øvrige Jylland. De primære kilder til relativt høje indhold af jern i mange jyske (og vestjyske) vandløb er lavbunds-områder med forekomster af pyrit. Områder med stort jernindhold og risiko for okkertilførsel til nærliggende vandløb er omfattet af okkerloven og udpeget som såkaldte okkerpotentielle områder.

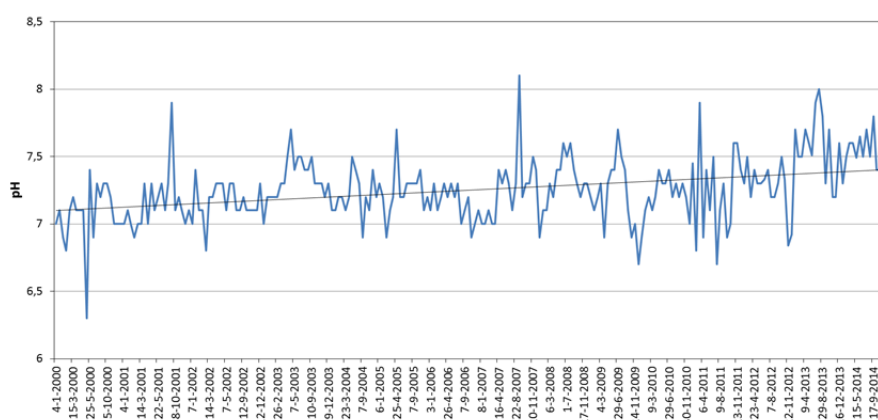
6.1.1 Total-jern, pH og total alkalinitet ved Vagtborghus

Vandkvaliteten i Varde Å v. Vagtborghus udtrykt ved pH, total-alkalinitet og total-jern er vist på figurerne 6.1-6.3. For pH og total-jern er der en statistisk signifikant forøgelse igennem hele perioden 2000-2014 (lineær regression, $P < 0,001$), mens dette ikke er tilfældet for total-alkalinitet. Målingerne af

pH og total-alkalinitet viser, at der igennem perioden ikke er sket nogen for-suring af vandløbsvandet.

Ser man mere detaljeret på udviklingen i total-jern igennem perioden, er der et niveauspring mellem perioderne 2000-2007 og 2008-2014. Der er således en statistisk signifikant forøgelse af indholdet af total-jern fra 2000-2007 til 2008-2014 (se tabel 6.1). Til gengæld er der ingen statistisk signifikant udvikling inden for hver af de to perioder, idet der dog er et statistisk signifikant fald for perioden fra og med midten af 2010. Analyser viser desuden, at indholdet af total-jern er signifikant højere i perioden 2008–medio 2009 (dvs. umiddelbart før restaureringen gik i gang) end i 2000-2007, mens der ikke er signifikant forskel mellem perioderne 2008–medio 2009, medio 2009-medio 2010, og medio 2010-2014.

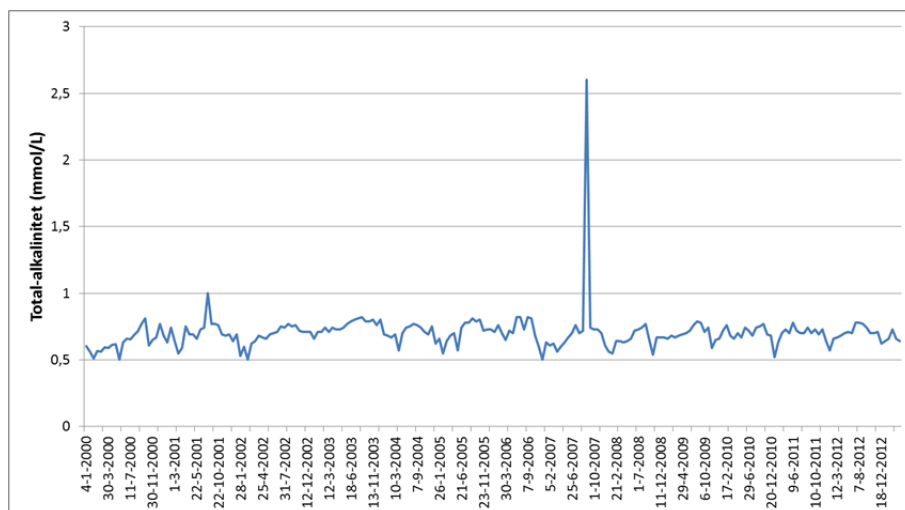
Det er ikke ukendt, at skift af analyselaboratorium medfører ændringer i målte værdier af kemiske parametre. Erik Obel Jepsen, Naturstyrelsen Vadehavet, har på forespørgsel oplyst, at analyser fra perioderne 2000-2006 (14/12) og 2008 (7/2)-2014 er udført af Eurofins, mens analyser i den mellem-liggende periode (8/1 2007-10/1 2008) er udført af Analycen. Der er altså tale om et skift af analyselaboratorium, samtidig med at der ses et niveauskift for total-jern. Og selvom der er tale om, at Eurofins genoptager sin analyseaktivitet, kan det ikke udelukkes, at dette laboratorium systematisk har målt højere værdier fra og med 2008 end de gjorde tidligere i perioden 2000-2006. Intet tyder på, at skift af analyselaboratorium har haft betydning for målingerne af total-alkalinitet. pH er målt i felten af hhv. Ribe Amt og Naturstyrelsen og er dermed uafhængig af laboratorieskift.



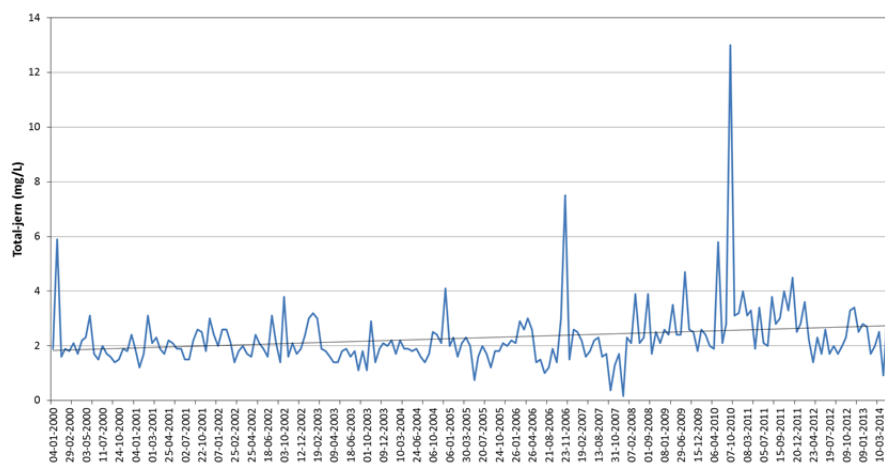
Figur 6.1. Surhedsgraden (pH) i Varde Å ved Vagtborghus, ca. 6,0 km nedstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri.

Udviklingen i pH viser ingen tegn på ændringer, som kan relateres til perioderne i forbindelse med restaureringen af Varde Å.

De målte værdier af pH og total-alkalinitet i Varde Å ved Vagtborghus ligger relativt tæt på medianværdierne for vandløb i den nordlige del af Vestjylland (hhv. 7,2 og 0,79 mmol/L), mens indholdet af total-jern (medianværdier) er relativt højere i Varde Å end medianværdien for andre vestjyske vandløb (1,33 mg/L) (Wiberg-Larsen et al. 2012).



Figur 6.2. Total-alkalinitet i Varde Å ved Vagtborghus, ca. 6,0 km nedstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri.



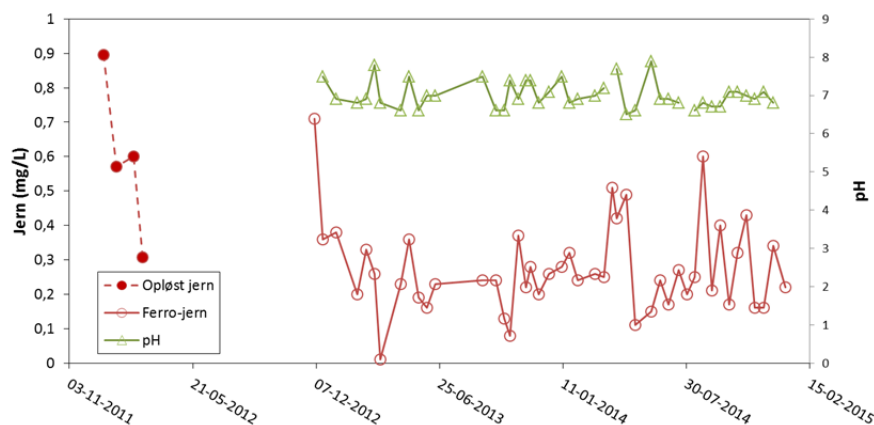
Figur 6.3. Indholdet af total-jern i Varde Å ved Vagtborghus, ca. 6,0 km nedstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri.

Tabel 6.1. Indholdet af total-jern i Varde Å ved Vagtborghus, ca. 6,0 km nedstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri, sammenlignet mellem forskellige perioder. Restaureringen af Varde Å opstrøms for dambruget blev gennemført i perioden medio 2009-medio 2010. Fiskedød på dambruget forekom i perioden efteråret 2010 til udgangen af 2012. Der er udført non-parametriske statistiske tests (Mann-Whitney U-test), idet data ikke var normalt fordelt. P-værdier < 0,05 angiver om forskellene er statistisk signifikante. Hver periode er markeret med et bogstav (A, B, C, D); under P-værdierne er angivet hvilke perioder der er forskellige fra "udgangsperioden". Fx er perioden 2008-medio 2009 (B) kun forskellig fra periode 2000-2007 (A).

Periode	Median	Middel	N	P-værdi
2000-2007 ^A	1,9	2,0	139	<0,05 ^{B,C,D}
2008-medio 2009 ^B	2,4	2,6	14	<0,05 ^A
Medio 2009-medio 2010 ^C	2,5	2,8	9	<0,05 ^A
Medio 2010-2014 ^D	2,8	2,9	41	<0,05 ^A

6.1.2 Ferro-jern i vandindtaget til Sig Fiskeri

Sig Fiskeri har på egen foranledning fået målt indhold af opløst jern/ferro-jern og pH i dambrugets vandindtag. Målingerne blev igangsat, da dambruget havde konstateret omfattende fiskedød i forbindelse med genoptagelsen af driften efter færdiggørelsen af den gennemførte restaurering af Varde Å. Der foreligger således ingen målinger før og under restaureringen. I starten (vinteren 2011/2012) blev der målt opløst jern, men fra med slutningen af 2012 ferro-jern (og pH). De foretagne målinger fremgår af figur 6.4.



Figur 6.4. Indholdet af opløst jern, ferro-jern og pH målt i vandindtaget til Sig Fiskeri.

Disse viser, at der igennem perioden ultimo 2012 til primo 2015 ikke har været nogen statistisk signifikant udvikling i indholdet af ferro-jern, men dog store udsving i målte ferro-jern koncentrationer, herunder relativt høje værdier ($> 0,5$ mg/L).

Ligeledes er der ingen statistisk signifikant forskel i indhold af ferro-jern mellem vinter (hvor man ville forvente de højeste koncentrationer) og sommer perioderne (tabel 6.2). "Vinter" er defineret som perioden november-marts og "sommer" som perioden april-oktober ganske svarende til undersøgelserne udført af Sode (2008) og dermed grundlaget for Naturstyrelsen angivelse af kravværdier (se afsnit 6.2).

Tabel 6.2. Beregnede indhold (middel, median, minimum og maksimum) af ferro-jern i vandindtaget til Sig Fiskeri for forskellige perioder. Der er ingen statistisk forskel mellem perioderne (F-test, $P=0,54$).

Periode	Middel	Median	Minimum	Maksimum	N
Vinter 2012/2013	0,32	0,33	0,01	0,71	7
Sommer 2013	0,22	0,23	0,08	0,37	10
Vinter 2013/2014	0,26	0,26	0,20	0,32	9
Sommer 2014	0,30	0,25	0,11	0,60	15
Vinter 2014/2015	0,26	0,22	0,16	0,43	5
Hele måleperioden	0,27	0,25	0,01	0,71	46
Vinter – hele perioden	0,28	0,26	0,01	0,71	21

Målingerne viser derudover, at ikke er nogen tidlig udvikling i pH. Der er heller ingen statistisk signifikant sammenhæng mellem pH og ferro-jern.

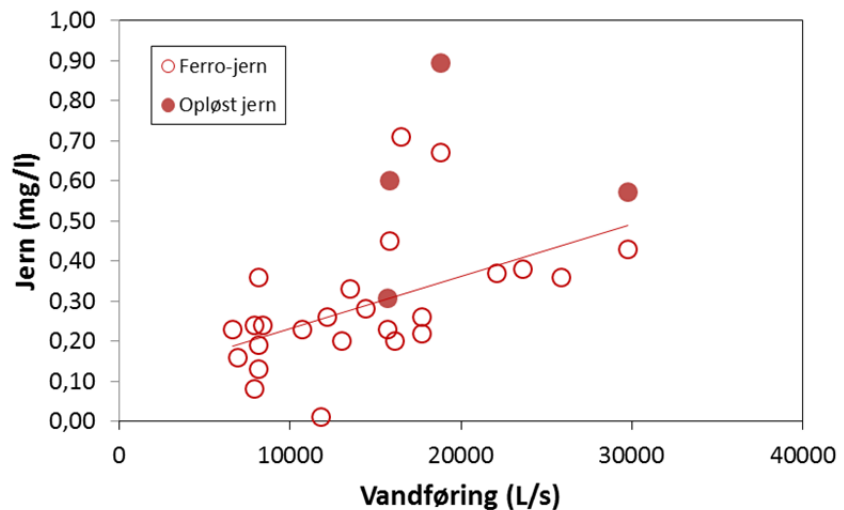
Derimod er der fundet en statistisk signifikant positiv sammenhæng mellem vandføring (målt ved Vagtborghus, og vurderet som rimeligt repræsentativ med hensyn til tidlige variationer i vandføringen i Varde Å umiddelbart opstrøms for Sig Fiskeri), og indholdet af ferro-jern (figur 6.5). Sammenhængen er dog ikke stærk ($R^2=0,22$, $P=0,03$). Den er lidt stærkere,

hvis data for opløst jern omregnes til ferro-jern (se nedenfor) og medtages ($R^2=0,23$, $P=0,008$).

Det er med dette udgangspunkt relevant at undersøge, om der er forskelle i vandføring mellem årene i perioden 2009-2014. Der foreligger imidlertid p.t. ikke indberettede data for 2014. Analyse af de månedlige middelvandføringer viser, at årene 2009-2011 og 2013 ikke er signifikant forskellige (parret t-test, $P>0,05$), mens 2012 til gengæld skiller sig signifikant ud fra de øvrige ($P<0,05$). Specielt har vandføringen i månederne januar-marts og oktober-december været væsentlig større i 2012. Ses der på vinterperioderne, er middelvandføringerne i vintrene 2009/2010 og 2010/2011 noget mindre (10-20%) end i vintrene 2011/2012 og 2012/2013, mens den maksimale afstrømning er ca. 15% mindre i 2009/2010 sammenlignet med de øvrige vintre.

Som nævnt er der også i en kort periode målt opløst jern, men der er ingen samtidige målinger af denne parameter og ferro-jern. Indholdet af ferro-jern udgør imidlertid - som allerede nævnt i denne redegørelse - kun en del af det opløste jern. Andelen af ferro-jern vil afhænge af pH, ligesom andelen af opløst ferri-jern især vil nærme sig nul, når vandføringen er høj og temperaturen nær nul (typisk om vinteren). Samtidige målinger (i alt 19) af opløst jern og ferro-jern udført af Miljøcenter Ribe (bilag 2 til brev fra Naturtyrelsen til Dahl dateret 5. oktober 2012) fra en række vandløb i regionen viser, at ferro-jern kan udgøre 15-75% af det opløste jern og i middel/median ca. 40% (beregninger udført ud fra bilagets data i forbindelse med denne redegørelse). På denne baggrund er der ikke belæg for at antage, at indholdet af ferro-jern i vandindtaget til Sig Fiskeri i vinteren 2011/2012, hvor der kun blev målt opløst jern, har været forskelligt fra hvad der senere er målt samme sted. Således er der tale om et vintermiddel indhold af ferro-jern på 0,28 mg/L (tabel 6.2), hvilken måleparameter er afgørende i forhold til vurdering af levevilkårene for de makroinvertebrater (smådyr), som lever i Varde Å opstrøms for Sig Fiskeri (se afsnit 6.2).

Endvidere ser indholdet af ferro-jern ud til primært at være afhængig af afstrømningen (figur 6.5), som overordnet set ikke har været afgørende forskellig mellem vinterperioderne fra 2010/2011 til 2012/2013 (resultater ikke vist). Her skiller vinteren 2011/2012 sig således ikke markant ud. Desuden skiller året 2011 sig, med hensyn til middelvandføring eller maksimum vandføring, heller ikke væsentlig ud. Der er således ikke grund til at antage, at indholdet af ferro-jern i 2011 har været væsentlig forskellig fra, hvad der er målt fra og med slutning af 2012. Tages der udgangspunkt i sammenhængen mellem indholdet af ferro-jern og vandføring er der heller ikke belæg for at antage, at først nævnte har været væsentligt forskelligt fra hvad der sidenhen er målt.



Figur 6.5. Sammenhæng mellem vandføring målt i Varde Å ved Vagtborghus og indholdet af ferro-jern målt i vandindtaget til Sig Fiskeri. Sammenhængen mellem vandføring og ferrojern er statistisk signifikant om end ikke stærk ($r^2=0,18$, $P=0,03$), om end den statistiske styrke øges, hvis den opløste fraktion også inddrages efter omregning til ferro-jern ved multiplicering med en faktor 0,4 ($r^2=0,25$, $P=0,006$).

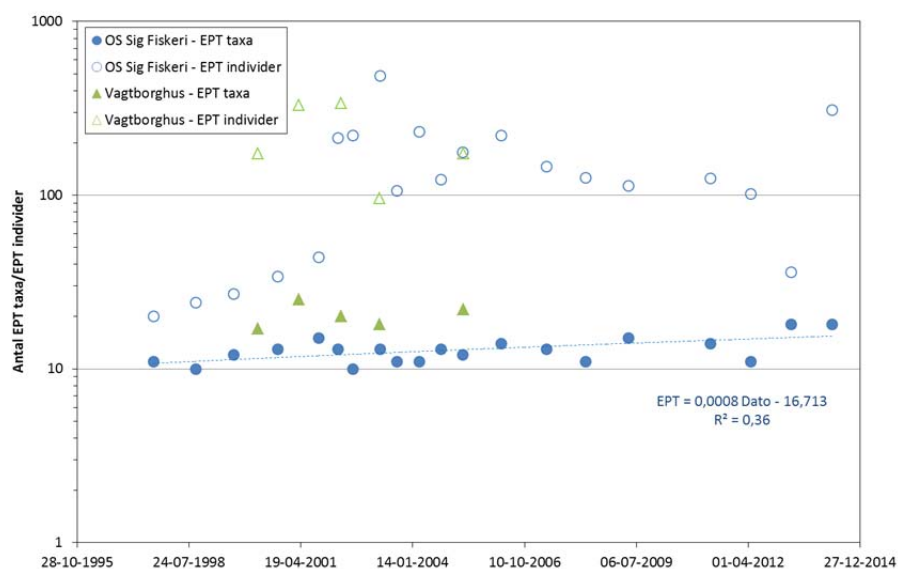
6.2 Makroinvertebrater som indikatorer for vandkvaliteten i Varde Å

De ændrede vandkemiske forhold i forbindelse med tilførslen af jernforbindelser (på opløst, kolloid og partikulær form) og dannelsen af okkerbelægninger på alle neddykkede overflader påvirker i væsentlig grad mange forskellige livsprocesser i vandløbene og har dermed negativ indflydelse på hele vandløbsøkosystemet. Det er således ved såvel udenlandske som danske undersøgelser påvist, at arts- og individtæthed af vandløbsorganismer reduceres væsentligt i okkerbelastede vandområder (se referencer i Sode 2008). Årsagen til den ændrede struktur i de biologiske samfund er dog ofte vanskelig at fastslå med sikkerhed, idet der samtidig med forhøjede jernkoncentrationer kan forekomme relativt lave pH-værdier, lave koncentrationer af uorganisk kulstof, samt høje koncentrationer af sulfat og metaller, herunder aluminium. Ved pH-værdier omkring neutralpunktet (pH 7) som i Varde Å er der dog kun grund til at fokusere primært på effekten af jern – og helt specifikt på det særligt giftige ferro-jern.

Effekterne er bedst beskrevet for vandløbenes makroinvertebrater (hvirvelløse smådyr), og der kan specifikt udpeges arter som er særligt følsomme over for forhøjede koncentrationer af ferro-jern. Således har Sode (2008) vist en signifikant sammenhæng mellem indholdet af ferro-jern (middelværdi i vinterperioden) og antallet af arter af døgnfluer (Ephemeroptera), slørvinger (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera), de såkaldte EPT taxa (taxa = taksonomiske grupper, i dette tilfælde arter/slægter). Desuden identificerede Sode (2008) et stort antal arter (primært blandt EPT taxa), som var følsomme eller særligt følsomme over for ferro-jern. Forekomsten af såvel EPT taxa som de følsomme arter har indflydelse på den værdi af Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI), som beregnes på baggrund af standardiseret udtagne bundprøver (se Wiberg-Larsen 2013). Sådanne prøver foreligger fra Varde Å umiddelbart opstrøms for vandindtaget til Sig Fiskeri.

Det er på denne baggrund – i et vist omfang – muligt indirekte at vurdere, om der er sket ændringer i indholdet af ferro-jern opstrøms for dambruget. Dette forudsætter naturligvis, at "alt andet er lige" igennem den undersøgte periode. Dette er formodentlig ikke tilfældet, idet strækningen opstrøms for dambruget er restaureret (genslynget) i forbindelse med snæbelprojektet. Dette må formodes at have forbedret de fysiske forhold, men omfanget af dette kan desværre ikke dokumenteres. Fysiske forhold har meget stor betydning for forekomsten af mange arter af smådyr, herunder EPT taxa og arter som er følsomme over for ferro-jern, ligesom de fysiske forhold derfor også har stor betydning for faunaklassen udregnet via DVFI (Wiberg-Larsen et al. 2007, Sode 2008, Wiberg-Larsen et al. 2015).

Antallet af EPT taxa (og individer) og antallet af ferro-jern følsomme taxa (og individer) i Varde Å opstrøms Sig Fiskeri er vist i figur 6.6-6.7. Desuden er antallet af EPT taxa og individer ved Vagtborghus vist til sammenligning (findes kun data for perioden 2000-2005).



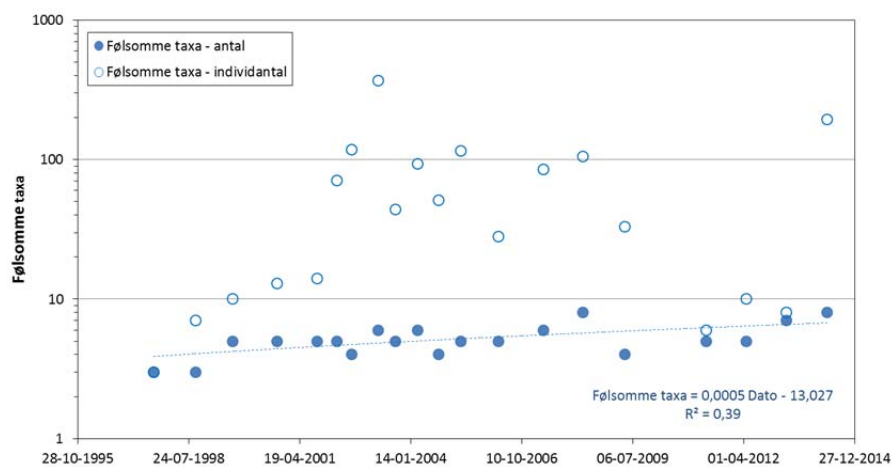
Figur 6.6. Forekomsten af EPT taxa og individantallet af disse i Varde Å hhv. umiddelbart opstrøms for Sig Fiskeri og ved Vagtborghus. Bemærk at y-aksen er logaritmisk.

Der er opstrøms Sig Fiskeri fundet en statistisk signifikant forøgelse af såvel antallet af EPT taxa som ferro-jern følsomme taxa gennem perioden 1997-2014. Dette gælder dog ikke for individantallet af EPT taxa, som varierer relativt usystematisk inden for et vist interval siden ca. 2000. Et tilsvarende mønster ses for individantallet af de ferro-jern følsomme taxa, idet individantallet dog har været markant lavt i årene 2011-2013 (figur 6.7).

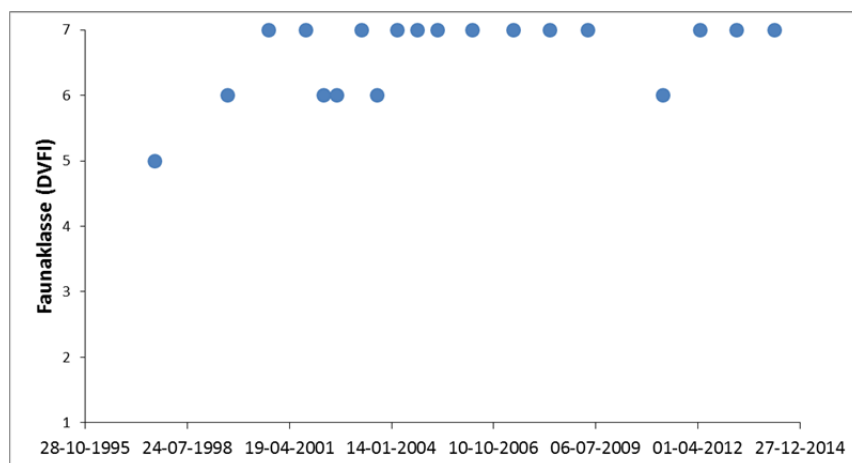
Antallet af EPT taxa ved Vagtborghus (2000-2005) følger mønsteret fundet opstrøms for Sig Fiskeri. Artsrigdommen er dog større ved Vagtborghus, hvilket bl.a. kan forklares ved, at denne generelt øges med stigende størrelse af vandløb (ved Vagtborghus er vandløbet væsentlig større end ved Sig Fiskeri).

Faunaklassen (DVFI) har i Varde Å umiddelbart opstrøms for Sig Fiskeri varieret fra 5 til 7 igennem perioden 1997-2014, og fra og med 2000 været 6-7, i langt de fleste år 7 (figur 6.8). Faunaklassen på 6 i 2011 skyldes i realiteten fraværet af én såkaldt nøglegruppeart. Havde den været til stede havde faunaklassen med god margin været 7.

Den positive udvikling i faunasammensætning (øget antal EPT taxa og antal ferro-jern følsomme taxa) er i perioden 2012-14 foregået ved et vintermiddel indhold af ferro-jern på 0,28 mg/L (se tabel 6.2).



Figur 6.7. Forekomsten af følsomme smådyr taxa og individantallet af disse i Varde Å umiddelbart opstrøms for Sig Fiskeri. Bemærk at y-aksen er logaritmisk.



Figur 6.8. Faunaklassen (DVFI) i Varde Å umiddelbart opstrøms for Sig Fiskeri.

Sode (2008) konkluderer ud fra omfattende undersøgelser i vestjyske vandløb, at ferro-jern koncentrationer (som middel for vinterperioden) på hhv. > 0,20, > 0,50-0,75 og > 1,0-1,2 mg/L medførte en reduktion i antallet af individer, antallet af taxa, antallet af EPT taxa, og individantallet af "følsomme" taxa, afhængigt af graden de pågældende elementers følsomhed. Samlet set viste undersøgelserne, at vintermiddelkoncentrationer af ferro-jern over ca. 0,5 mg/L medfører betydelig risiko for, at der ikke kan opnås en faunaklasse på 5-6, svarende til "god økologisk tilstand". Tidligere undersøgelser (Rasmussen & Lindegaard 1988) peger dog på, at grænseværdien kan ligge endnu lavere (0,2 mg/L).

På denne baggrund angiver Naturstyrelsen (2014), at vandløbenes biologiske tilstand "allerede påvirkes ved vintermiddelkoncentrationer af ferro-jern over 0,2 mg/L, og ved koncentrationer større end 0,5 mg/L er tilstanden så påvirket, at god økologisk tilstand kun undtagelsesvis kan forventes opnået".

Ovenstående resultater viser helt overordnet, at det er vanskeligt at fastsætte præcise grænser for, hvornår ferro-jern i væsentlig grad påvirker den biologiske tilstand, nærmere bestemt smådyrsfaunaen. Det er derfor også vanskeligt i det konkrete tilfælde at anvende udviklingen i denne fauna som en indikator for, om det gennemførte restaureringsprojekt har medført en forøgelse af indholdet af ferro-jern opstrøms for Sig Fiskeri. Umiddelbart tyder data ikke på noget sådant henset til det generelt høje antal EPT taxa, ferro-jern følsomme taxa og en høj faunaklasse, samt at der er sket en forøgelse af antallet af EPT taxa og ferro-jern følsomme taxa ved et vintermiddelindhold af ferro-jern, som kun ligger lidt over "grænseværdien". Det skal dog bemærkes, at det relativt lave antal individer af EPT taxa og følsomme arter kunne indikere en mindre påvirkning under og umiddelbart efter restaureringen, i givet fald som følge af et forøget indhold af ferro-jern.

Der foreligger som nævnt ovenfor ingen dokumentation for, om de fysiske forhold i Varde Å, hvor de anvendte undersøgelser af smådyrsfaunaen er foretaget, er blevet så afgørende forbedret ved restaureringen, at de så at sige har kompenseret for en eventuel forøgelse af indholdet af ferro-jern. Dette er dog ikke overvejende sandsynligt, idet antal EPT taxa og faunaklassen har været høj gennem adskillige år forud for restaureringen.

6.3 Vurdering af den potentielle tilførsel af ferro-jern som følge af den udførte vandløbsrestaurering

Dahl Advokatfirma (på vegne af Sig Fiskeri) har fremført i notat fremsendt d. 16. marts 2015, at der "næppe i tilstrækkeligt omfang er gjort opmærksom på de store problemer, der opstod ved den åvandssænkning, der skete i forbindelse med genopretningsprojektet".

Naturstyrelsen har i et notat fremsendt d. 26. marts 2015 fremført, at "Naturstyrelsen vil ikke modsætte sig, at rapporten forholder sig til problematikken omkring vandstandssænkning, men Naturstyrelsen anmoder om, at det kommer til at fremgå af rapporten, at Naturstyrelsen ikke er enig i, at vandstanden ved indløbet til Sig Fiskeri som følge af genopretningsprojektet er sænket til et niveau ud over det, som var forudsat ved projekteringen, og at det er Naturstyrelsens opfattelse, at der ingen dokumentation foreligger for den af Sig Fiskeri påståede sænkning - hverken ved indløbet til dambruget eller generelt i selve vandløbet opstrøms dambruget."

Vi har derfor tilbudt parterne at foretage et skøn over den potentielle tilførsel af ferro-jern fra de okkerpotentielle områder beliggende op til Varde Å opstrøms for Sig Fiskeri.

På baggrund af det i sagen oplyste (dokumenter fremsendt via mails af hhv. Dahl Advokatfirma og Naturstyrelsen) har vi valgt samlet set at lægge til grund, at vandstanden i Varde Å ved vandindtaget til Sig Fiskeri under normale afstrømningsforhold er sænket fra kote 5,25 m til kote 4,88-5,11 m i forbindelse med etableringen af det ny restaurerede forløb. Der er imidlertid uenighed mellem parterne om dette forhold, hvor Sig Fiskeri mener at sænkningen reelt har været større.

Tages udgangspunkt i de "værst tænkelige situation" (kote 4,88 m), vil den maksimale vandstandssænkning være 0,37 m (nærmest vandindtaget). Det kan derefter beregnes, at vandstandssænkningen vil påvirke en strækning på højst 1,2 km opstrøms for dambrugets vandindtag (hvor påvirkningen gradvist aftager til 0). Langs denne strækning vil der være en påvirkning af

de okkerpotentielle områder langs åen, når vandstandssænkningen medfører en iltning af jordens pyritindhold, der efterfølgende udvaskes til åen. På baggrund af de nationale kort over okkerpotentielle områder (tilgængelige på Danmarks Miljøportal (arealinformation) kan de arealer, som kan tænkes at være påvirket, opgøres til 17 ha. De pågældende områder er klassificeret med middelfrisiko for okkerforurening. Det skal understreges, at der i skønnet kun inddrages arealer, som er direkte påvirkede af en vandstandssænkning.

Regnes der ydermere med en samlet afstrømning fra disse områder på 450 mm/år og et gennemsnitligt indhold af ferro-jern i afstrømningen på 20 mg/L (i begge tilfælde regnet med en "værest tænkelig" situation), fås en gennemsnitlig tilførsel på 48 mg ferro-jern/sek. Der er således ikke taget hensyn til, at der reelt kun vil være tale om en relativt beskedent sænkning af vandstanden. Afstrømningen er hentet den årlige NOVANA-rapportering, mens ferro-jernkoncentrationen er fastsat ud fra hvad der maksimalt er fundet i tilløbsvand til en række okkerrensingsanlæg af Ringkjøbing Amt (2001), og hvor udledningen af jernforbindelser er sket i forbindelse med landbrugsmæssig afdræning af okkerpotentielle arealer (til typisk 1 m's dybde).

Forudsættes det endelig, at det udledte ferro-jern fortyndes i Varde Å ved en vandføring på 6000 L/S (data fra Vagtborg reduceret til ca. 1/2-delen), sva- rende til en middelsituation, kan der beregnes en potentiel forøgelse af kon- centrationen af ferro-jern på 0,008 mg/L. Dette vurderes at være en meget beskedent forøgelse sammenlignet med de målte koncentrationer i indløbs- vandet (ca. 3 % i forhold til middel på 0,27 mg/l, jf. tabel 6.2). Dette skal og- så ses i forhold til at der konsekvent er taget udgangspunkt i en "værest tæn- kelig" situation.

På denne baggrund vurderes det, at det potentielle bidrag fra restaureringen af Varde å til de relativt høje koncentrationer af ferro-jern målt i indløbsvan- det til Sig Fiskeri må betragtes som marginalt.

6.4 Besvarelsen af spørgsmålene 1-3

Der henvises til afsnit 4, der indeholder redegørelsens samlede konklusion.

7 Fiskedød i Sig Fiskeri

7.1 Forekomst af for fiskene i Sig Fiskeri toksiske koncentrationer af ferro-jern i indløbsvandet til dambruget

Der produceres alene regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*) ved Sig Fiskeri. Fiskene er i størrelsen 20-340 og afhængig af årstid og produktionsplanlægning.

En grundig gennemgang af litteraturen om jerns giftighed for regnbueørred – og nært beslægtede arter (ørred, laks) viser at primært ferro-jern (men også opløst ferri-jern inden det udfældes), er særlig giftigt, mens det allerede i vandfasen udfældede jern (okker) er mindre giftigt (Geertz-Hansen & Mortensen 1983, Bregnballe 1991, Vuori 1995, Teien et al. 2008), primært i forbindelse med jernets udfældning på fiskenes gæller (Bregnballe 1991, Peuranen et al. 1994, Åtland et al. 2003, Teien et al. 2008, Rosseland et al. 2012). Derudover fandt Geertz-Hansen & Mortensen (1983), at æg og yngel af bækørred var særlig følsomme over for ferro-jern. Generelt er angivelser af egentlige grænseværdier for ferro-jern, som direkte kan anvendes til vurdering i nærværende redegørelse, dog meget få. Desuden afhænger ferro-jernets giftighed af mange vandkemiske faktorer, herunder pH (der styrer hvor hurtigt ferro-jernet udfældes), indholdet af humusstoffer (der kan ned sætte jernets giftighed), temperaturen (se fx Bregnballe 1991, Peuranen et al. 1994, Teien et al. 2008). Dertil kommer, at forholdene internt på dambrug – fx vandgennemstrømningen i dammene – også har betydning; jo større opholdstid i dammene, des mere jern vil udfældes (Bregnballe 1991).

Det vurderes dog – ud fra de foreliggende data og erfaringer – at der ved koncentrationer af ferro-jern (og opløst ferri-jern) i intervallet 0,2-0,5 mg/L er risiko for skader på fiskene. Ved koncentrationer herover er der stor risiko for skader.

Der er i perioden ultimo 2011-primus 2015 for 64% af de i alt 50 udførte målinger af ferro-jern (heraf 4 målinger omregnet fra opløst jern) fundet værdier over 0,2 mg/L, og for 8% af målingerne værdier over 0,5 mg/L (se også figur 6.4). Vandkvaliteten i perioden må således i en ikke uvæsentlig del af tiden vurderes som stærkt ugunstig for regnbueørrederne, dvs. med værdier over 0,5 mg ferro-jern/L. Det ville med stor sandsynlighed have ført til periodevise udfældninger af okker på fiskenes gæller. Dette er den væsentligste skadevirkning ved ferro-jern, idet det er påvist at udfældningerne medfører skader på gællerne og derved fejlfunktion af den livsvigtige iltoptagelse (se Peuranen et al. 1994, Teien et al. 2008). Dette vil medføre øget dødelighed og negative effekter på vækst, formering og adfærd. Dertil kommer, at hvis fiskene først er blevet påvirket af kritisk forhøjet indhold af ferro-jern, pådrager de sig skader, som ikke forsvinder, selvom jernindholdet efterfølgende falder til uskadelige niveauer (Bregnballe 1991). Endelig vil okkerskadede fisk også være særligt modtagelige for diverse sygdomme.

Som nævnt foreligger der ingen målinger af jern i indløbet til dambruget i perioden før, under og 1½ år efter den gennemførte restaurering af Varde Å opstrøms dambruget. Og der er med henvisning til besvarelse af spørgsmål 1-3 reelt intet grundlag for at vurdere indholdet af ferro-jern forud for 29. december 2011 ud fra aktuelle målinger. Vurderingen af niveauet for ferro-jern (vintermiddel) baseret på smådyrsfaunaens sammensætning, jf. afsnit

6.2, kan heller ikke anvendes til at sige noget om forekomst af særlig høje værdier af betydning for fiskene i dambruget.

Til gengæld er det muligt at vurdere muligheden for skader som følge af forhøjede indhold af ferro-jern umiddelbart efter restaureringen ved at tage udgangspunkt i trivslen hos fiskene i dambruget.

Således fremgår det af rapport af 10. september 2013 fra dyrlæge Simon B. Madsen til Sig Fiskeri (bilag 5 i det udleverede materiale fra Dahl) bl.a., at (direkte citeret):

”Det kliniske billede har de sidste år været præget af tydelige symptomer på gælleproblemer af varierende sværhedsgrader. Ved obduktioner og mikroskopi af gællerne er der fundet til-slimede gæller ved langt størstedelen af tilkaldebesøgene. Specielt i vinter- og forårsperioden har okker udfældninger direkte på gællerne været den primære årsag til forhøjet slimproduktion på overfladen af gællerne. Okkerudfældningen skyldes et for højt indhold af jern i vandet...”.

Desuden anfører Simon B. Madsen, at:

”Patogenesen (sygdomsudviklingen) i forbindelse med okkerudfældninger på gæller skyldes, at okkeret hæmmer gællernes normale funktioner ved at blokere diffusionen af ilt og CO₂ over gælløvævet. Derudover vanskeliggøres fiskens udskillelse af den skadelige ammoniak, der er et produkt fra foderomsætningen. Gællerne reagerer ved forøget slimproduktion, som forværrer tilstanden. Okker og slimproduktion øger afstanden mellem det omgivende vand og blodet i fisken, hvorved den passive diffusion af ilt og CO₂ nedsættes. Der opstår således problemer med optag af ilt, hvilket kan føre til kvælning. Acidosen (forsuring) i fisken pga. forhøjede CO₂ niveauer hæmmer desuden blodets evne til at binde og transportere ilt. Reaktionen på længerevarende påvirkning og irritation ses som kroniske fortykkelser (hyperplasi) af gælløvævet.

Nedsatte gællefunktioner kan resultere i en stresstilstand, hvor fiskene bliver mindre modstandsdygtige overfor sekundære lidelser (eks. bakterielle og parasitære infektioner). Ædelysten samt evnen til at omsætte foderet påvirkes i negativ retning og medfører nedsat væksthastighed og dårlig foderomsætning (høj foderkvotient). Sundhedstilstanden på Sig Fiskeri er fulgt løbende ved hyppige kontrolbesøg, men på trods af intensive behandlinger af gælleproblemerne samt en i lange perioder meget restriktiv udfodring er det ikke lykkedes at opnå tilfredsstillende produktionsresultater. Gælleproblemerne vurderes som en væsentlig årsag til den høje dødelighed og nedsatte produktion.”

Dyrlæge Simon B. Madsens konstatering af okkerudfældninger på fiskenes gæller peger således på disse som den primære årsag til fiskenes mistrivsel og død – især i vinter- og forårsmånederne, hvor indholdet af opløst jern forventeligt er højest.

Andre kemiske forhold end jernforbindelser i det vand, som et dambrug anvender, kan have indflydelse på fiskenes trivsel og overlevelse. Det gælder fx vandets temperatur, iltindhold, pH, og ammoniak. Data fra Sig Fiskeri's egenkontrol i perioden 1999-2013 (tabel 7.1) viser ingen umiddelbare tegn på problematiske værdier for de angivne parametre (i det der dog ikke forelig-

ger målinger af pH). Således er der ikke målt kritisk høje temperaturer og iltmætningen har været relativt tæt på de ideelle 100%. Indholdet af ammoniak, som er en kraftig gift for fisk, er ikke målt, men skal omregnes ud fra det målte indhold af ammonium. Forudsættes der en temperatur på 15°C og en pH værdi på ca. 7,5, vil kun 1% af ammonium udgøres af ammoniak. Det betyder, at selv i udløbet (hvor de højeste værdier forekommer pga. fiskenes egen udskillelse af stoffet via deres omsætning af det indtagne foder) er der igennem hele perioden ikke forekommet værdier over 0,03 mg ammoniak/L. Dette er ca. 7 gange mindre end den værdi, hvor ammoniak er akut giftigt for fiskene.

Tabel 7.1. Middel- og maksimumværdier af vandkemiske parametre i hhv. indløbs- og udløbsvandet fra Sig Fiskeri i perioden 1999-2013. Data fra Sig Fiskeri. #: ingen målinger angivet.

Parameter	Indløb (middel)	Indløb (maks.)	Udløb (middel)	Udløb (maks.)
Temperatur (°C) (1999-2011)	12,5	19,1	12,9	20,8
Ilt (% mætning) (1999-2011)	88	109	70	92
Ammonium (mg/L) (2012)	0,06	0,21	0,54	3,3
Temperatur (°C) (2012)	#	#	9,5	16,3
Ilt (% mætning) (2012)	#	#	79	90
Ammonium (mg/L) (2012)	0,10	0,19	0,85	1,6
Temperatur (°C) (2013)	#	#	9,7	18,0
Ilt (% mætning) (2013)	#	#	79	87
Ammonium (mg/L) (2013)	0,10	0,20	1,35	2,1

7.2 Besvarelse af spørgsmål 4

Besvarelsen af dette spørgsmål, der handler om hvor vidt "koncentrationen af ferro-jern er toksisk for de arter, der produceres på Sig Fiskeri", skal i sin formulering referere til svarene på spørgsmålene 1-3 (se afsnit 4 - konklusion).

Dyrlæge Simon B. Madsens vurderinger af fiskenes (regnbueørredernes) sundhedstilstand i perioden fra genetableringen af Sig Fiskeri som modeldambrug (igangsat ultimo september 2010 efter fuldendt restaurering af Varde Å opstrøms for dambruget juli 2010) og frem til den iværksatte kalkning af indløbsvandet (igangsat januar 2012, jf. oplysninger fra Sig dambrug) peger på, at de konstaterede tilfælde af fiskedød skyldes høje indhold af ferro-jern i dette indløbsvand med omfattende udfældninger af okker på fiskenes gæller til følge. Det kan desuden konkluderes, at der i en ikke uvæsentlig del af perioden ultimo 2012-primus 2015, hvor der er foretaget målinger på indløbsvandet til dambruget, er forekommet indhold af ferro-jern, som er stærkt skadelige for regnbueørred. Det skal i den forbindelse bemærkes, at det ikke er kendt om toksiciteten af det forekommende ferro-jern i indløbsvandet til dambruget evt. kan forøges ved recirkulering i modeldambruget.

Det er ikke – ud fra fiskenes trivsel – umiddelbart muligt at vurdere koncentrationen af ferro-jern i indløbsvandet før gennemførelsen af restaureringen og etableringen af Sig Fiskeri som modeldambrug. Dambruget blev op til restaureringen drevet som traditionelt dambrug. I de sidste år som traditionelt dambrug forekom der angiveligt omfattende sygdom blandt fiskene (besøgsrapporter fra AquaSearch 2008 og 2009 fremsendt af Sig dambrug), hvilket var medvirkende til et ønske om ombygning af dambruget (jf. notat af 22. oktober 2013 til Sig Fiskeri udarbejdet af Kaare Michelsen, Dansk Akvakultur). Det er ikke klarlagt, om der på det tidspunkt evt. også er forekommet okkerskader på fiskene, hvilket kunne have medvirket til at fremme sygdomsangrebene. Det fremgår således ikke af besøgsrapporterne, som imidlertid primært er udarbejdet i juni-august, hvor evt. problemer vurderes som mindre sandsynlige. Der er imidlertid ikke i denne periode foretaget kalkning af indløbsvandet (jf. korrespondance mellem Dahl Advokatfirma og Naturstyrelsen), hvilket indikerer at okker ikke var noget væsentligt problem.

8 Vurdering af potentielle afværgeforanstaltninger i forbindelse med fiskedød i Sig Fiskeri

8.1 Besvarelse af spørgsmål 5: Hvilken skadevirkning kan det have haft, at dambruget har sat fisk i produktionsanlægget inden udløbet af karantæneperioden 1. januar 2010 – 1. januar 2011, hvor der er målt forhøjede koncentrationer af ferro-jern?

Dette spørgsmål kræver en kommentar, inden det søges besvaret. Det forholder sig nemlig således, at der som det fremgår af afsnit 6.1.2 ikke er foretaget målinger af ferro-jern før fra og med ultimo december 2011.

Uanset tidspunkt (indenfor den aftalte karantæneperiode eller senere) kan ferro-jern have skadelig effekt og være årsag til dårlig trivsel og fiskedød. Der henvises i øvrigt til afsnit 7.

Det skal i øvrigt nævnes, at det – som omtalt under afsnit 7.2 - i en årrække forud for naturgenopretningsprojektet ikke havde været nødvendigt for dambruget at udføre okkerfældning, og at dambruget derfor ikke havde nogen forventning om at iværksætte denne foranstaltning ved genoptagelsen af produktionen.

8.2 Besvarelse af spørgsmål 6: Kan skønsmanden pege på tabsbegrænsende foranstaltninger, som dambruget kunne have udført for at begrænse skadevirkningerne ved den eventuelt konstaterede udvikling i fiskenes sundhedstilstand?

Relevante tabsbegrænsende foranstaltninger til begrænsning af skadevirkninger af høje koncentrationer af ferro-jern (og opløst ferri-jern) i å-vandet er tilsætning af kalk og beluftning, samt bundfældning i lagune (med 1 times opholdstid) før indløbsvandet ledes ind i fiskedammene. Herved udfældes de potentielt skadelige jernforbindelser som okker. Det er præcist disse foranstaltninger, som Sig Fiskeri har bragt i anvendelse i den konkrete sag (samtlige foranstaltninger iværksat fra og med primo januar 2012).

Dertil kommer kurative tiltag i form af vandbehandling med hjælpestoffer og medicinbehandling mod følgesygdomme, som det også er sket, jvf. besøgsrapporter og udtalelse fra dyrlæge Simon B. Madsen. Sådanne kurative tiltag har ifølge Sig Fiskeri været nødvendige og iværksat fra og med ibrugtagningen af det ombyggede dambrug i september 2010, fordi fiskene fra start af ikke viste den ønskede trivsel/tilvækst.

8.3 Besvarelse af spørgsmål 7: Hvis Sig Fiskerier kunne have gennemført tabsbegrænsende foranstaltninger, hvilke foranstaltninger var det økonomisk og teknisk muligt at gennemføre i perioden 1. januar 2011 – 31. december 2012.

I forhold til skadelige koncentrationer af ferro-jern (og opløst ferri-jern) er eneste relevante tabsbegrænsende foranstaltning fældning af disse forbindelser som okker, inden vandet ledes ind i dambrugets fiskedamme (se

ovenfor). Hertil anvendes beluftning og der tilsættes hydratkalk eller natriumhydrogenkarbonat med henblik på at hæve pH og alkalinitet samt fælde okkeren inden indløbet til fiskene. Hertil kommer kurative tiltag, jf. afsnit 8.2. Det er ikke vurderet, hvorvidt dette også var økonomisk muligt.

Det blev på møde mellem sagens parter og rådgivere den 7. januar 2015 oplyst, at Sig Fiskeri yderligere havde etableret en indløbs-lagune, hvor vandet havde en opholdstid på ca. 1 time til udfældning af okker inden vandet ledes ind til fiskene. Det vurderes, at denne foranstaltning er et fornuftigt og virksomt middel til at øge effekten af kalkning og beluftning. Lagunen blev ligesom kalkning og beluftning etableret og taget i brug primo januar 2012.

Der skal afslutningsvist bemærkes, at hvis der først er indtrådt okkerudfældningsskader på gællerne, er der typisk tale om permanente skader. Disse vil føre til mistrivsel og/eller død afhængig af skadernes omfang. Såfremt fiskene overlever de direkte okkerskader, evt. som resultat af de udførte foranstaltninger, vil der ofte følge sekundære sygdomme. Herved nedsættes fiskenes immunforsvar og de bliver mere modtagelig over for bakterielle og parasitære sygdomme. I det hele taget nedsættes fiskens performance, idet foderudnyttelsen også reduceres, dvs. nedsat produktion. Der henvises i øvrigt til afsnit 8.2.

9 Litteratur

Bregnballe, F. (1991) Opdræt af regnbueørred til konsum. Nr. 1. Vandkvalitet og daglig drift. Meddelelse fra Forsøgslambruget nr. 81.

Geertz-Hansen, P. & Mortensen, E. (1983) Okkers virkning på reproduktion hos ørred (*Salmo trutta*). *Vatten*, 39: 55-62.

Hedeselskabet (2006) Ribe Amt/Genopretning af Varde Å (Forprojekt). EU-LIFE projekt for Snæbel. Hedeselskabet, Miljø & Energi A/S, 166 pp. (Rekvi- rent: Ribe Amt, Vandmiljøkontoret, Sorsigvej 35, 6760 Ribe).

Naturstyrelsen (2014) Vandplan 2009-2015, Vadehavet, Hovedvandopland 1.10. Vanddistrikt: Jylland og Fyn. Miljøministeriet, Naturstyrelsen (www.naturstyrelsen.dk)

Peuranen, S., Vuorinen, P.J., Vuorinen, M. & Hollender, A. (1994) The effects of iron, humic acids and low pH on the gills and physiology of brown trout (*Salmo trutta*). *Ann. Zool. Fennici* 31: 389-396.

Rasmussen, K. & Lindegaard, C. (1988) Effects of iron compounds on macroinvertebrate communities in a Danish lowland river system. *Water Research* 22: 1101-1108.

Ringkjøbing Amt (2001) Optimering af renseseffekten i lavteknologiske okkerrens anlæg i vinterperioden. Del B: Undersøgelser i model- og fuldska- lanlæg. Udført af DHI

Rosseland, B.O., Åtland, Å., Dale, T. & Powell, M. (2012) Water quality and gill diseases. Fe on fish gill (scanning electron microscopy with x-ray micro- analyses) by Skryseth (2007). Præsentation ved konference Gardermoen, 7. November, 2012.

Sode, A. (2008) Undersøgelse af makroinvertebratfaunaen i okkerbelastede vandløb i Sydvest- og Vestjylland. Rapport til Miljøministeriet, Miljøcenter Ribe og Miljøcenter Ringkjøbing, 35 pp.

Teien, H-C., Garmo, Ø., Åtland, Å. & Salbu, B. (2008) Transformation of iron species in mixing zones and accumulation on fish gills. *Environ. Sci. Technol.*, 42, 1780-1786.

Vuori, K.M. (1995) Direct and indirect effects of iron on river ecosystems. *Ann. Zool. Fennici* 32: 317-329.

Wiberg-Larsen, P. (2013) Makroinvertebrater (smådyr) i vandløb. Teknisk Anvisning V07, version 2.2, 26 pp. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

Wiberg-Larsen, P. & Larsen, S.E. (2007) Chironomiders og andre smådyrs betydning som "miljøindikatorer". I: Bøgestrand, J. (red.), Vandløb 2006 - NOVANA. Faglig Rapport fra DMU nr. 642, 93 pp.

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Thodsen, H., Ovesen, N.B., Kronvang, B. & Kjeldgaard, A. (2012) Vandløb 2011. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 32. <http://www.dmu.dk/Pub/SR32.pdf>.

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Thodsen, H., Ovesen, N.B., Bjerring, R., Kronvang, B. & Kjeldgaard, A. 2015. Vandløb 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 50 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 121 (<http://dce2.au.dk/pub/SR121.pdf>)

Åtland, Å., Kroglund, K. og Røyset, Ø. (2003) Avgiftning av jern ved dosering av flytende silikat - en pilotstudie. NIVA Rapport Lnr. 4694-2002.