

3.6

Fiskevelferd

3.6.1 OKSYGENNIVÅET VIKTIG FOR OPPDRETTSFISKEN SIN HELSE OG VELFERD

Mangel på oksygen, hypoksi, har negativ effekt på oppdrettslaks. Sjølv små reduksjonar i oksygennivået påverkar vekst og appetitt, og energikrevjande prosessar vert reduserte. I tillegg svekkar hypoksi tarmen si evne til å stoppe bakteriar og virus. Dette betyr at ein både ut frå eit dyrevelferdsperspektiv og frå produksjonshensyn bør unngå å utsetje fisk for oksygenmangel.

Bjørn Olav Kvamme
bjorn.olav.kvamme@imr.no

Frode Oppedal
frode.oppedal@imr.no

Thomas Torgersen
thomas.torgersen@imr.no

Frode Fridell
frode.fridell@pharmaq.no

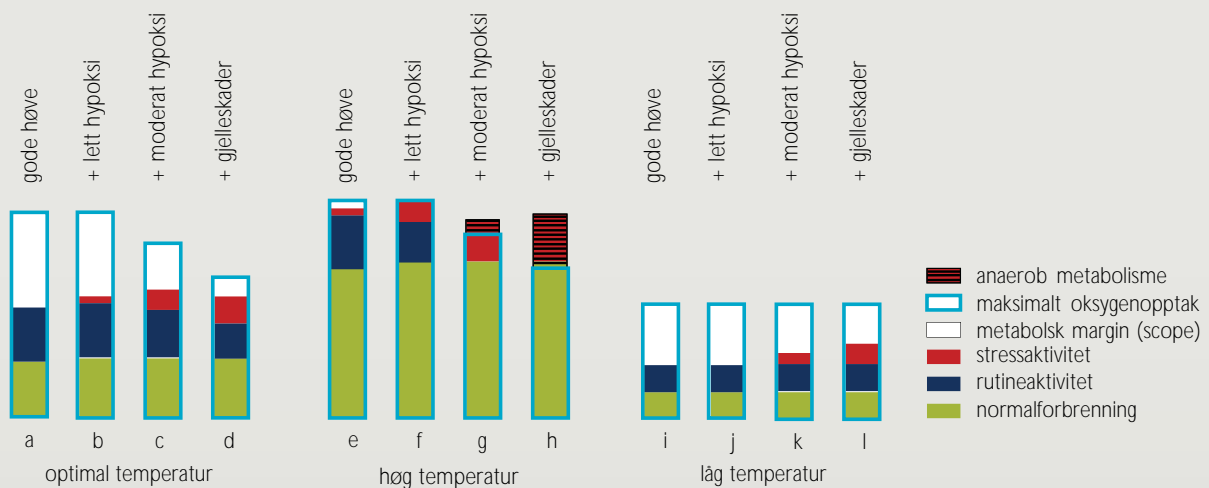
Henrik Sundh
henrik.sundh@zool.gu.se

Kristina Snuttan Sundell
k.sundell@zool.gu.se

Oksygenet i vatnet kjem anten frå lufta eller frå fotosyntese hos algar. Passiv innblanding (diffusjon) av oksygen i vatn er ein svært langsam prosess, og er difor berre viktig rett under vassoverflata. I dei fleste fjordane våre er det i tillegg store salt- og temperaturforskjellar som skapar vassjikt som det er liten eller ingen vassutskifting mellom. God innblanding av oksygen er difor heilt avhengig av at vind

og straum skapar turbulens i vatnet. Fotosyntese er avhengig av lys og næringsstoff. Både lys og næring er sesongbestemt, og oksygenbidraget frå denne prosessen er difor høgast om våren og sommaren. Vasstemperatur og saltinnhald påverkar òg oksygennivået, og kaldt ferskvatn kan innehalde mykje meir oksygen enn varmt saltvatn.

Vassutskifting er den viktigaste faktoren for kor mykje oksygen som er tilgjengeleg inne i ein merd. Oppdrettsfisk kan ikkje oppsøke "friskt" vatn slik som villfisk kan, og dersom vassutskiftinga gjennom merden er avgrensa, t.d. av groe eller svak straum, kan fisken bruke opp alt tilgjengeleg oksygen. Dermed kan forholda inne i merden vere dårlege sjølv om det er rikeleg med oksygen utanfor. Generelt seier vi at laks krev mellom 2 og 4 mg oksygen per kg fisk per minutt, men oksygenbehovet varierer med mengd fisk (storleik, antal kg), appetitt, aktivitet og temperatur.

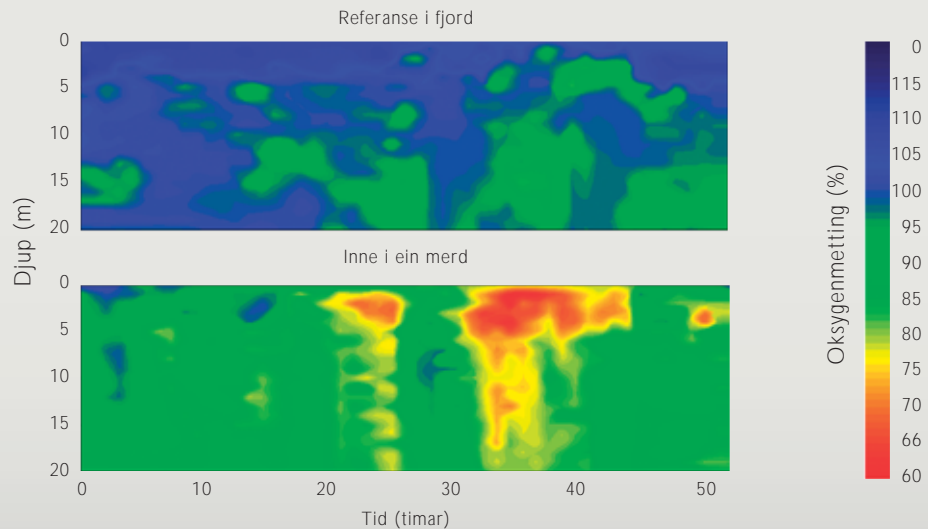


Figur 3.6.1.1

Konsekvensar for fisken sitt oksygenoverskot (metabolske margin) ved optimale, høge og låge temperaturar dersom høva elles er optimale (a/e/i), lett hypoksi (b/f/j), moderat hypoksi (c/g/k) eller hypoksi i kombinasjon med gjelleskade (d/h/l).
Consequences for surplus of oxygen (metabolic scope) of the fish at optimal, high and low temperature combined with optimal (a/e/i), hypoxia (b/f/j), moderate hypoxia (c/g/k) and hypoxia combined with gill damage (d/h/l).

Figur 3.6.1.2

Oksygenkonsentrasjonen i vassøyla målt både ved eit referansepunkt i fjorden og inne i ein merd over 50 timar. Oxygen concentrations in the water column at a reference point and within a sea cage over 50 hours.



Kva brukar laks oksygen til?

Oksygen er naudsynt for å omdanne mat til energi, og tap av appetitt er blant dei første målbare effektar av hypoksi. Større grad av hypoksi kan føre til sjukdom og død. Kvar grensa for dårleg vasskvalitet med tanke på oksygennivå bør gå, er framleis usikkert, men Mattilsynet har angitt nokre grenseverdier. For laks er 100 % oksygenmetting gitt som optimalt, mettingsgrader ned til 60 % kan tolererast, medan 50 % krev at alle andre forhold er optimale. Under 40 % er rekna som uakseptabelt. Om dette er korrekte grenser er usikkert, sidan vi manglar metodar for å måle god og dårleg velferd i fiskeoppdrett.

Lite oksygen fører til at fisken vert stressa, og hypoksisk stress er eit av dei største velferdsproblema innan lakseoppdrett i dag. I naturen sym fisk vekk frå vatn med lite oksygen, medan han i oppdrett er avhengig av vatnet som strøymer gjennom merden. Ved hypoksisk stress vil oksygenbehovet paradoksalnok auke fordi det kostar energi å kompensere for oksygenmangelen. Kompensasjonen skjer på fleire måtar, blant anna ved høgare gjellefrekvens, endringar i aktivitet med t.d. raskare symjing, auka bruk av overflatepusting, eller endra plassering i vassøyla.

Mengda oksygen som trengs er ikkje konstant, men vert påverka av ei lang rekkje indre og ytre faktorar. Dei viktigaste er temperatur, der auka temperatur vil gje auke i forbrenninga, men også storleik og fysisk aktivitet er viktig. Det er òg forskjell på om fisk vert utsett for akutte hypoksiske hendingar, eller om tilstanden er kronisk. Akutte enkeltepisodar med hypoksi er noko fisken ofte handterer utan store og langvarige fysiologiske

effektar, medan kroniske tilstandar fører til større tilpassingar som i enkelte tilfelle er irreversible.

Er tilhøva optimale, kan laks tåle betydeleg grad av hypoksi, medan han ved svært dårlege tilhøve kan ha problem med å greie seg sjølv ved full oksygenmetting i vatnet. Som andre organismar, er fisk nøydd til å bruke ein del av det oksygenet han tek opp til normalforbrenning, for til dømes å slå med hjarta og gjellene. I tillegg vil fisken bruke ein del oksygen til andre rutineaktivitetar, som å symje. Resten av det tilgjengelege oksygenet kan brukast til fordøying av fôr, vekst eller andre energikrevjande aktivitetar som aggressiv åtferd. Denne disponible delen av oksygenet utgjer eit overskot som kan kallast "metabolsk margin".

Ved ulike tilhøve, som til dømes høg eller låg temperatur, lite oksygen i vatnet (hypoksi) eller ved sjukdom som påverkar gjellene, vil fisken ha heilt forskjellig overskot av oksygen (Figur 3.6.1.1). Når temperatur og andre høve er optimale, er oksygenoverskotet stort (a). Dersom fisken vert utsett for hypoksi (b, c), blir han tvinga til å jobbe hardare for å ta opp oksygen. Saman med auka forbrenning som fylgje av at fisken vert stressa, vil dette redusere overskotet. Skulle han på toppen av det heile ha skadde gjeller (d), til dømes grunna ein infeksjon, vil han få i seg enno mindre oksygen sjølv om han jobbar hardt for det. I ein slik situasjon vil oksygenoverskotet vere lite, og sjølv med svært redusert aktivitetsnivå, vil fisken vekse dårleg. Når temperaturen i vatnet er høgare, vil fisken kanskje kunne ta opp litt meir oksygen, men rutineforbrenninga vil auke mykje meir. Overskotet av oksygen

vil bli svært lite, og fisken vil difor ikkje ha nok oksygen til å vekse, knapt nok ete, sjølv ved full oksygenmetting (e). Dersom fisken i tillegg skulle oppleve hypoksi (f, g) eller gjelleskader (h), vil han raskt få for lite oksygen til å kunne ete i det heile, og han kan komme i underskot på oksygen sjølv til den heilt naudsynte rutineforbrenninga. Dersom slike forhold ikkje endrar seg raskt, vil fisken døye.

I kaldt vatn er situasjonen ein heilt annan (i-l): då har fisk låg rutineforbrenning og brukar lite oksygen. Hypoksi er difor langt mindre skadeleg ved låge temperaturar enn ved høge.

Overvaking i laksemerd

Ved Havforskningsinstituttet sitt merdmiljølaboratorium i Matre har vi studert oksygenivået i merdane i detalj (Figur 3.6.1.2). Metodane som er utvikla her er nytta på fleire kommersielle anlegg. Det er målt store forskjellar i oksygen mellom merdar på same anlegg, og mellom anlegg på same tidspunkt. Generelt ser vi at det er meir oksygen i overflatelaga enn djupt i merdane. Høg fisketettleik gir lågare oksygenivå i merdane enn låg fisketettleik, men fordi laksen ofte vil føretreke ein avgrensa del av merden, er den faktiske fisketettleiken viktigare enn totalmengda fisk. Symjedjupne og den observerte fisketettleiken er påverka av mellom anna temperaturtilhøva, og fisken blir normalt tiltrekt av temperaturar rundt 16–17 °C. Eit ekstremt døme er at gjennom ei natt i september 2004 sumde laksen i tre merdar ved ein tettleik på over 200 kg/m³ ved ca. 17 °C, medan vatnet i resten av merdane var bortimot 20 °C. Faktorar som til tider kan overstyre denne temperatureffekten, er lystilhøve



Figur 3.6.1.3

Raskt uttak av prøver for å sikre god kvalitet på forsøket krever ei linje med erfarne og dyktige folk med bestemte oppgaver.

Rapid sampling of materials demands a line-up of experienced and skilled people with specific tasks.

(dag, natt, kunstig), svoltnivå, føring og føringsintensitet. Basert på studiar av andre artar, burde oksygenivå vere styrande for symjedjupne og tettleik hos laks og, men dette er berre delvis observert så langt. På alle anlegg vart det målt store variasjonar i oksygenivå frå time til time. Desse variasjonane kan skuldast ein kombinasjon av mange faktorar, som til dømes varierende fotosyntese, vind- og tidevatndrivne straumar og varierende oksygenforbruk. Fjordlokalitetar hadde større variasjon i oksygen enn typiske kystlokalitetar på grunn av vertikale forskjellar i salt og temperatur. Det vart òg vist at straumen på referansepunkt utanfor merdane var lite representativt for straumforholda rundt og inne i merdane. Dette viser at det er eit stort potensial i merdane si utforming og plassering i forhold til straum.

Forsøk med laks i kar

I ein merd er det alltid mange ulike faktorar som kan påverke fisken i tillegg til oksygenivået. For å studere langtidseffektar av hypoksi utan påverknad frå andre faktorar, har vi gjennomført karforsøk basert på funna i merdlaboratoriet. For å lettare kunne overføre resultatata til merdsituasjonen, nytta vi store kar (ca. 7 m³ vatn) og realistisk høg biomasse (14–20 kg/m³). I forsøket var det fire grupper med ulik grad av hypoksi. Som ein følgje av vekst og døgnrytme, fekk vi ein langsam aukande grad av hypoksi, samt høg dagleg variasjon. I tillegg til kontinuerlege målingar av vasskvalitet og appetitt, tok vi prøver ved start, midtvegs og slutten av forsøket for å sjå korleis kronisk hypoksi påverka fisken (Figur 3.6.1.3). Vi fann klare negative effektar av hypoksi på vekst, kondisjonsfaktor og førutnytting. Derimot

fann vi ikkje nokon effekt på finneslitasje eller kortisol (stresshormon) i blod eller vatn. Vi fann heller ikkje klare effektar på gjellene etter 58 dagar med hypoksi, sjølv om elektronmikroskopi viste indikasjonar på celleendingar. Det er òg vist ein klar samanheng mellom grad av hypoksi og appetitt (Figur 3.6.1.4), og sjølv små endringar i oksygenmetting får negative konsekvensar for laksen.

Korleis verkar hypoksi på genane?

Ved hjelp av ein metode som gjer at vi kan analysere tusenvis av gen samstundes (mikromatriser), undersøkte vi korleis laks reagerer på korte (11 dagar) og lange (58 dagar) periodar med hypoksi. Resultatet viser at fisk som blir eksponert for låge oksygenverdiar over tid, reduserer aktiviteten i gen relatert til immunsystem, vekst og andre energikrevjande prosessar. Dette stemmer godt med at vi fann redusert vekst, og med resultat frå tidlegare studium. Reguleringa av andre gen styrkjer resultatata ytterlegare, og tyder på at laks regulerer og kompenserer for hypoksi på same måte som andre fiskeartar. Vi har òg gjennomført immunstimuleringsforsøk der vi har sett på gener som er viktige i immunsystemet. Resultata frå desse forsøka indikerer ein tendens til at immunresponsen hos fisk utsett for hypoksi er litt svakare enn hos fisk som har gått ved normale oksygenbetingingar.

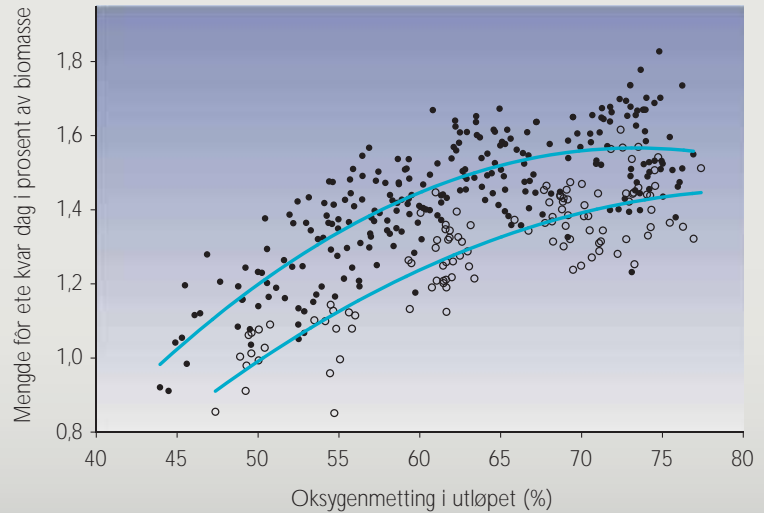
Svekka tarmbarriere opnar for sjukdom

Auka mottakelegheit for sjukdom når ein er stressa skuldast delvis at stress påverkar immunforsvaret negativt, men det er òg andre årsaker. Primærbarrierane beskyttar fisk frå å bli invadert av sjukdomsframkallande (patogene) organismar som sopp, bakteriar og virus. Hos fisk er primærbarrierane hovudsakeleg skinn, gjeller og mage-/tarmkanal. Av desse har mage-/tarmkanalen ein veldig spesiell funksjon, ettersom den har ei viktig rolle i å bearbeide mat og drikke og deretter sørge for at næringsstoffa kjem inn i kroppen. Samstundes må den hindre at uønska potensielt skadelege ting som gifter og patogene organismar kjem seg inn i fisken. Det er difor veldig viktig å oppretthalde tette og effektive primærbarrierar som beskyttelse mot infeksjonar, kanskje spesielt for oppdrettsfisk, ettersom fisketettleiken i merdane er stor og smitterisikoen dermed høgare enn hos villfisk. I ei rekkje forsøk har vi vist at den fysiske delen av primærbarrieren i tarmen, epitelcellelaget, er svekka, og at den ukontrollerbare gjennomtrenginga har auka. Dette gjer fisken betydeleg meir utsett for sjukdom sidan patogene organismar lettare kjem inn.

Figur 3.6.1.4

Forholdet mellom oksygenmetting og mengde spist fôr per dag i første (kvit) og andre (svart) del av forsøket med kronisk hypoksi på laks.

The relationship between oxygen saturation and drymatter eaten per day in first (white) and second (black) half of the chronic hypoxia experiment.



Hypoxia

Hypoxia—or lack of oxygen—is at present one of the largest welfare problems in salmon aquaculture. Good oxygen saturation is dependent on wind and water currents creating turbulence in the water. Within the sea cage the most important factor determining the amount of oxygen available for the fish is the current driven water exchange. The metabolic scope of the fish is the excess energy available after all routine activities are cared for (Figure 3.6.1.1). If this scope is small, e.g. due to increased energy demands at high temperatures or gill diseases, poten-

tial damaging conditions will easily arise. Our results show that there are frequent episodes of hypoxia within a sea cage (Figure 3.6.1.2), with fjord sites more variable than coastal sites. Furthermore, the salmon position and actual density is highly variable and modulated by factors such as water temperature, light and feeding. Performance indicators clearly show that even small reductions in oxygen saturation causes negative effects (Figure 3.6.1.4). However, it is still not possible to state a specific lower limit for the oxygen saturation which will ensure good welfare of the salmon, but oxygen

saturation below 60–70% appears unfavourable. Molecular analysis of head kidney tissues using microarrays indicated that salmon do react to hypoxia by down regulating genes related to energy demanding processes such as growth and the immune system. Immune stimulation weakly indicated a trend of less immune competence. Furthermore, the barriers of the intestine has been shown to be disturbed by hypoxia, increasing the risk of pathogenic entry. Together these results strongly suggest that salmon farmers should prevent hypoxic episodes as far as possible.