

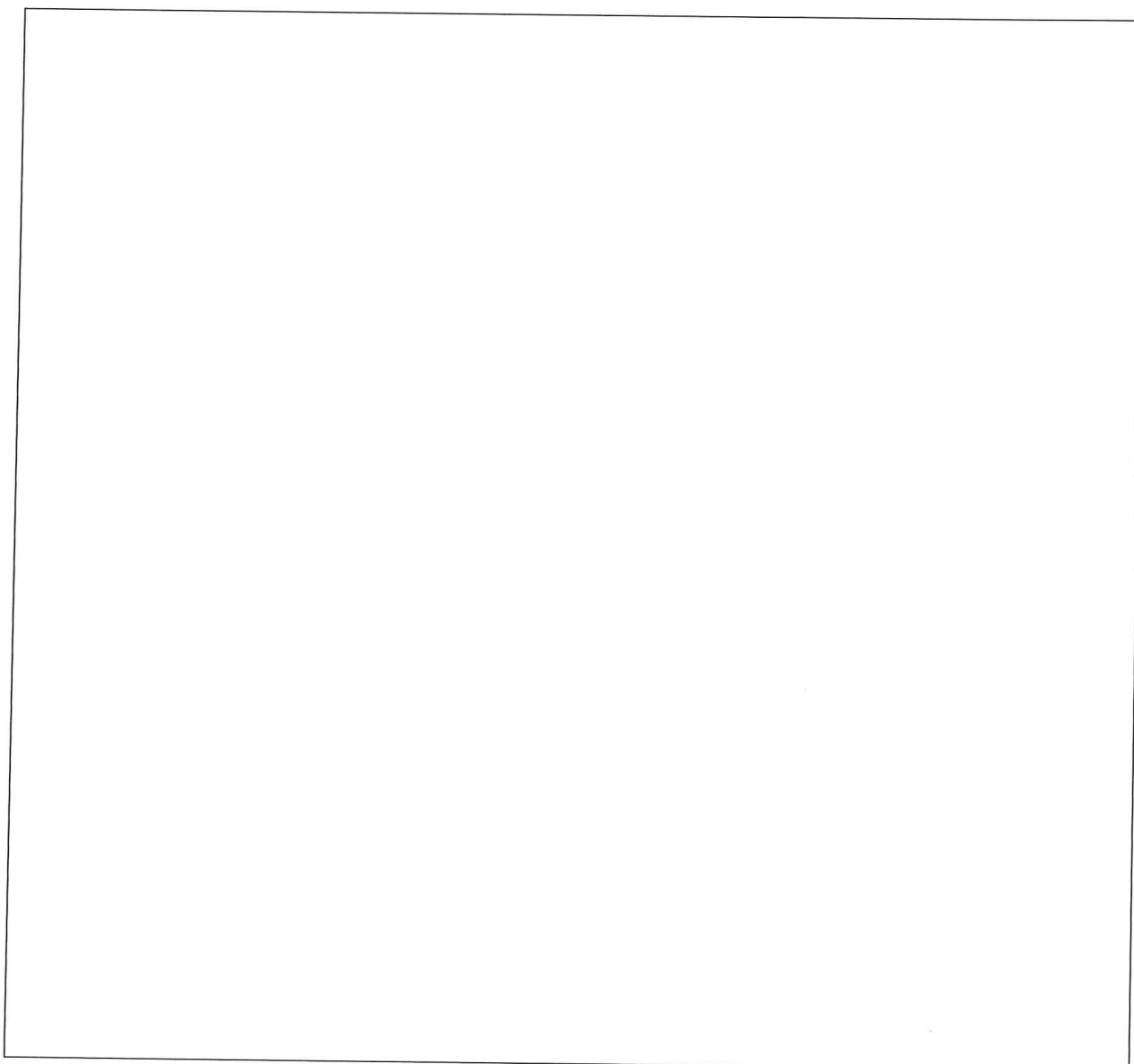
NIVA



RAPPORT LNR 4640-2003

Beregning av varighet
og konsentrasjon av
luftovermetning i Nidelva

P.65



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Beregning av varighet og konsentrasjon av luftovermetning i Nidelva	Løpenr. (for bestilling) 4640-2003	Dato juli 2003
	Prosjektnr. Undernr. O-21811	Sider Pris 27
Forfatter(e) Kroglund, Frode Tjomsland, Torulv	Fagområde Rådgivning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Agder energi, produksjon A/S Operativ drift	Oppdragsreferanse 533
---	--------------------------

Sammendrag

Luftovermetning vil kunne inntreffe i Nidelva, Aust-Agder når strøm til turbinene ved Rygene kraftverk faller ut og vann ledes til omløpstunnelen. Omløpstunnelen benyttes for å unngå plutselig økning i vannføring i minstevannføringsløpet, da dette kan representere en fare for folk som oppholder seg i dette området. Det er tidligere antatt at utslipp (vann med luftovermetning) med varighet på inntil 20 minutter ikke vil forårsake kritiske vannkvaliteter. Det er samtidig dokumentert at utslipp med varighet på 4 timer forårsaker fiskedød. Det er fra A-energi produksjon A/S; avdeling operativ drift, fremlagt et ønske om å øke responstiden fra 20 til 35 minutter. Denne økningen i responstid vil øke varigheten av en episode (den tid omløpstunnelen fører overmettet vann) og vil således kunne forårsake en kritisk vannkvalitetsforringelse i vassdraget. Det er utført modellberegninger basert på 12 ulike scenarier. Basert på disse konkluderes det med at hvis omløpstunnelen fører 170 m³/s vann i 35 minutter, og hvis dette vannet har en total luftmetning på 300%, kan det inntreffe kritiske situasjoner for fisk i elva. Ved lavere luftmetningsnivåer og ved lavere vannføringer i omløpstunnelen, er sannsynligheten for kritiske situasjoner såå såfremt varigheten av utslippet ikke overstiger 35 minutter.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Luftovermetning Fisk Konsekvenser Vannkvalitet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Gas supersaturation Fish Effects Water quality
--	--

Frode Kroglund

Frode Kroglund

Prosjektleder

Vilhelm Bjerknæs

Vilhelm Bjerknæs

Forskningsleder

Nils Roar Sælthun

Nils Roar Sælthun

Forskningsdirektør

Beregning av varighet og konsentrasjon av luftovermetning i Nidelva

Forord

Luftovermetning vil kunne inntreffe i Nidelva, Aust-Agder når strøm til turbinene ved Rygene kraftverk faller ut og vann ledes til omløpstunnelen. Bruk av omløpstunnelen kan føre til luftovermetning i elva. Det er derfor ønskelig at denne benyttes minst mulig.

A-energi produksjon A/S; avdeling operativ drift ved Kjell Sandmo ba NIVA i brev av 10. Februar 2001 om å utrede eventuelle biologiske konsekvenser av å øke responstiden ved bruk av omløpstunnelen i Nidelva, Aust-Agder. Energiverket er i dag pålagt å iverksette tiltak innen 20 minutter etter utfall av kraftverket.

I rapporten er det utført modellberegninger av hvordan 12 ulike episoder med luftovermetning vil kunne påvirke fisk nedstrøms omløpstunnelen. Simuleringene er utført av T. Tjomsland. Prosjektet er finansiert av A-Energi produksjon A/S.

Grimstad, 5. februar 2003

Frode Kroglund

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metode	7
3. Resultat	8
3.1 Simuleringer	8
3.1.1 Kalibrering av modellen	8
3.2 Scenarier	10
3.2.1 Betydning av overmetningsprosent	10
3.2.2 Betydning av vannføring og varighet av utslipp	11
3.2.3 Vannføring i minstevannføringsløpet	12
3.2.4 Gradvis overføring av vann fra omløp til demning	12
4. Diskusjon	14
5. Referanser	14
Vedlegg A.	15
Scenarium 1-12	15

Sammendrag

Luftovermetning vil kunne inntreffe i Nidelva når strøm til turbinene ved Rygene kraftverk faller ut og vann ledes til omløpstunnelen. Omløpstunnelen benyttes for å unngå plutselig økning i vannføring i minstevannføringsløpet, da dette kan representere en fare for folk som oppholder seg i dette området. Det er tidligere antatt at utslipp (vann med luftovermetning) med varighet på 20 minutter ikke vil forårsake kritiske vannkvaliteter. Det er tidligere dokumentert at utslipp med varighet på 4 timer eller mer vil forårsake fiskedød. Tidsgrensen på 20 minutter er basert på skjønn og er ikke utledet fra noen egen faglig evaluering.

Vi har utført 12 ulike simuleringer hvor vannføring (i omløpstunnel og minstevannføringsløp), utslippsvarighet og grad av luftovermetning (i omløpstunnelen) er variert. I simuleringene har vi beregnet endringer i luftmetning for elvestrekningen fra tunnelen til havet, samt varighet av overmetning. Basert på kunnskap om vannkvalitetskravet til fisk er det utført evalueringer av mulig biologisk effekt.

Det konkluderes med at hvis omløpstunnelen fører 170 m³/s vann i 35 minutter og hvis dette vannet har en total luftmetning på 300% kan det inntreffe kritiske situasjoner for fisk i elva. Ved lavere luftovermetningsnivåer og ved lavere vannføringer i omløpstunnelen er sannsynligheten for kritiske situasjoner små såfremt varigheten av utslippet ikke overstiger 35 minutter.

1. Innledning

Luftovermetning vil kunne inntreffe i Nidelva når strøm til turbinene ved Rygene kraftverk faller ut og vann ledes til omløpstunnelen. Omløpstunnelen benyttes for å unngå plutselig økning i vannføring i minstevannføringsløpet da dette kan representere en fare for folk som oppholder seg i dette området. Luftovermetning i omløpstunnelen kan derimot forårsake fiskedød. For å redusere sannsynlighet for fiskedød ledes vannet etter strømutfall gradvis over til minstevannføringsløpet. Det er tidligere antatt at utslipp (vann med luftovermetning) med varighet på 20 minutter ikke vil forårsake kritiske vannkvaliteter. 20 minutter er følgelig satt som akseptabel responstid; dvs den tid kraftverket har for å påbegynne overføring av vann fra omløpstunnelen til demningen ved Rygene (Thorstad m.fl., 1997). Tidsgrensen, slik denne ble satt i denne rapporten var ikke faglig begrunnet, men basert på skjønn. En episode på 20 minutter målt ved tunnelen vil nederst i vassdraget kunne ha en varighet på en eller flere timer avhengig av vannføringen (jfr. Figur1). Det er fra A-energi produksjon A/S; avdeling operativ drift fremlagt et ønske om å øke responstiden fra 20 til 35 minutter. Denne økningen i responstid vil øke varigheten av en episode (den tid omløpstunnelen fører overmettet vann) og vil således kunne forårsake en kritisk vannkvalitetsforringelse i vassdraget.

Vannkvalitetskravet til fisk mhp luftovermetning ble evaluert av Thorstad m.fl., (1997). Kriteriene satt i den rapporten er lagt til grunn for de evalueringene som er utført i her. *Komiteen for undersøkelse av gassovermetning 1982* gjennomførte et forsøk i Nidelva 9.-12. Juni 1981 (Pettersen m.fl., 1982). Data fra dette forsøket er benyttet som råttall i en simuleringsmodell. Hensikten er å beskrive hvor raskt vann transporteres fra omløpstunnelen til elvemunningen og hvordan luftovermetningsgraden i vassdraget endres med transportavstand. Det ble utført ulike simuleringer basert på ulike scenarier, hvor luftovermetningsgrad, vannføring og utslippsvarighet er variert. Grunnlaget for de ulike scenariene er beskrevet i metodekapitlet.

Fastsettelse av grenseverdier

Gassblæresyke er en fysisk/mekanisk skade som kan være dødelig for vannlevende organismer både i ferskvann og i sjøvann. Skade forårsakes av vann som er overmettet med atmosfæriske gasser. Gassblæresyke skyldes ikke tilstedeværelse av toksiner eller bakterier/virus og er således ikke en sykdom. Eventuelle sekundære komplikasjoner kan innebære sykdom. Tilstanden vil heretter kalles luftblæresyndrom, og henspiller da på at skaden skyldes luft, skadebildet innebærer normalt funn av luftblærer i og på vev, men skadebildet kan være svært variert og diffust (Bouck, 1980). Skadeomfanget av en luftovermetningsepisode vil variere med grad av overmetning, varighet av overmetning, temperatur, samt biologiske faktorer som hvilke arter og livsstadier som er tilstede. Luftovermetning kan i ytterste fall være dødelig. Lavere konsentrasjoner (suboptimale belastninger) som ikke er dødelige (som er subletale) kan forårsake skader på organer, gjellevev, sensoriske egenskaper, og atferd. Disse skadene kan i neste omgang resultere i økt dødelighet, men da som følge av f.eks. redusert fluktrespons (økt mulighet for å bli byttedyr for fisk, fugl og pattedyr), svekket salttoleranse (reduisert marin overlevelse) eller økt mottakelighet for sykdommer, (svekket immunrespons). Evaluering av den økologiske betydningen av en "skade" kompliseres ytterligere av at fisk vil restitueres når belastning opphører. Langvarig eksponering for suboptimal vannkvalitet kan også resultere i økt toleranse (adaptering) ved at fisken tilpasser seg endringene i vannkvalitet. Restituering tar tid, hvor hastigheten igjen avhenger av andre kjemiske og fysiske egenskaper ved vannet (vannkjemi og temperatur). I restitueringsfasen er fisken mer sårbar for nye belastninger (den eksponeres som skadet individ og har følgelig redusert toleranse). Når restituering er fullført er fiskens helse reetablert. Fisk som overlevde en episode vil normalt restitueres. Adaptering krever langvarig eksponering.

Kritisk grense for overmetning kan defineres som den grensen som ikke påvirker overlevelse eller populasjonssammensetningen til organismene, ei heller reproduksjon. Basert på tilgjengelig informasjon om luftovermetning fra forsøk er den eneste trygge grensen ”ingen overmetning”. Kritisk grense fastlagt på grunnlag av forsøk vil være for streng i praktisk sammenheng for villfiskbestander i elver, selv om de har vist seg å gi riktige skadeestimat i oppdrett. Dette skyldes mulighetene villfisk har til å rømme (dykke til dypere vann), noe oppdrettsfisk ikke kan i samme grad .

Selv om det ikke foreligger uomtvistelige tålegrenser for luftovermetning, er det for denne evalueringen nødvendig å fastsette grenseverdier. Disse bygger på hvor stor overmetning organismene sannsynligvis kan tolerere. Faktorer som er viktige i denne sammenheng er eksponeringstid, livsstadium, størrelse, art og dybdefordeling av fisk i vassdraget. Disse faktorene er diskutert i Thorstad m.fl. (1997). I United States Environmental Protection Agency er kritisk nivå for vassdrag definert som 110% TLT (TLT = Total luft trykk). Dette er sannsynligvis noe strengere grense enn det som er nødvendig dersom fisken kan dykke (i elver som er >2 m dyp). Bentley & Raymond, (1976), Weitkamp & Katz (1976), Meekin & Turner (1974), Johnson & Dawley (1974), Jensen m.fl., (1986) og Schute & Jensen (1986) har påvist en kritisk letal grense rundt 120-125% TLT når fisken kan dykke, for på denne måte kompensere for overmetningen. Dersom subletale skader også er uønskelig eller fisken ikke kan dykke bør grensen settes lavere. 105-115% TLT synes å være en grense som tar høyde for ulike avveininger, men grensene vil alltid kunne kritiseres. Jo lengre tid overmetning er tilstede, jo lavere bør grensen settes. Dersom overmetning varer mer enn noen få timer er verdier over 120% uakseptabelt.

For fastsettelse av ”trygge” utslippsnivåer i Nidelva har vi definert antatt trygge grenseverdier. Disse, sammen med eksponeringsvarighet er benyttet ved evaluering av potensiell biologisk skade (angitt i tabell 2). Utfra kriteriene vil <110 TLT kunne aksepteres i flere døgn, 110-115 i inntil 1 døgn, 115-120 i 5 timer og >120 TLT i maksimalt 2 timer. Overskrides disse nivåene vil biologiske effekter kunne påregnes. Intensiteten av responsene vil avhenge av hvor mye grensene overskrides, årstid samt hyppighet av episoder.

2. Metode

Transport og spredning av overmettet vann nedstrøms omløpstunnelen i Nidelva ble undersøkt av Gassovermetningsutvalgt i 1981 (Pettersen m.fl., 1982). Rådata fra dette prosjektet er benyttet for å kalibrere simuleringsmodell til kjente verdier for vassdraget. Basert på denne kalibrerte modellen kunne ulike utslippsscenarier uttestes. Det er kjørt simuleringer hvor utslippskonsentrasjon, varighet og fortykning er inkludert som variabler. Det er kjørt tilsammen 9 ulike kombinasjoner av vannføring, luftovermetningsgrad og utslippsvarighet (tabell 1). Disse representerer ytterpunkter i sannsynlige scenarier. Andre kombinasjoner kan simuleres i ettertid dersom dette er nødvendig. Den kalibrerte modellen er kun testet mot rådataene fra 1981 og er ikke verifisert mot ulike vannføringsregimer.

Vi har benyttet en matematisk modell, WASP6.0 (Wool m.fl. 2001), til å beregne transport av luftovermettet vann nedover elva. Vi har antatt at overmettet vann opptrer som et konservativt/bestandig stoff. Elva ble delt inn i strekninger på 200 m. På hver av strekningene ble det lest inn/beregnet tverrsnitt, dybde, strømhastighet, diffusjonskoeffisient m.m. Gassen ble antatt å bli fullstendig blandet innen hver delstrekning. Transporten ble beregnet for hver delstrekning med et tidskritt på noen minutter. Modellen ble først testet/kalibrert mot observasjoner fra 1981 og deretter benyttet til å utføre diverse scenarier.

Vi har antatt at gassen opptrer som et konservativt/bestandig stoff, dvs at utlufting har liten betydning. Denne forenklingen kan forsvares ettersom vassdraget er rolig-flytende i hele det aktuelle området samt at modellen ble kalibrert mot et eksisterende utslipp. Modellen ble først testet/kalibrert mot

observasjoner fra 1981 (Pettersen m.fl., 1982). Først når estimert transport samsvarte tilfredsstillende med observert transport ble utslippsbetingelsene manipulert. Det er utført simuleringer basert på ulike forutsetninger (n=12), hvor vi har manipulert med hensyn til vannmengde i omløpstunnelen og i minstevannføringsløpet, med total luftovermetning i omløpsvannet, varighet av episoden samt hvor raskt det sjaltes fra omløpstunnelen til demningen.

Tabell 1. Egenskaper lagt til grunn for de ulike simuleringene. Scenariene varierer mhp vannføring (40 til 170 m³/sek for omløpstunnelen og 5 til 100 m³/sek for damoverløpet/minstevannføringsløpet), luftmetningsgrad (200 til 300 % total luftmetning) og varighet av utslipp som har variert fra 5 til 35 minutter og deretter med fra 0 til 60 minutters gradvis overføring til damoverløp.

	Vannføring		Luftmetning i	Varighet	Varighet
	Omløpstunne l	Demning	omløpstunnelvannet TLT, %	Omløpstunnel Minutter	Nedtrapping Fra 100 til 0%
Scenarium 1	40	5	200	35	momentan
Scenarium 2	40	5	300	35	momentan
Scenarium 3	170	5	200	35	momentan
Scenarium 4	170	100	200	35	momentan
Scenarium 5	40	5	200	35	15
Scenarium 6	40	5	200	20	15
Scenarium 7	40	5	200	5	15
Scenarium 8	170	5	200	5	60
Scenarium 9	170	5	200	5	30
Scenarium 10	170	5	300	35	60
Scenarium 11	170	5	300	35	30
Scenarium 12	170	5	300	5	30

Gradvis overføring av vann fra omløpstunnelen til Rygene damoverløp (nedtrappingstid i tabell 1) er i modellen oppnådd ved å overføre 10 m³/s vann fra omløpstunnelen etter 5 minutter. Denne vannføringen ble så opprettholdt i 5 minutter hvorpå nye 10 m³/s ble overført. Deretter ble alt ”resterende” vann overført jevnt/gradvis innenfor den fastsatte tidsrammen.

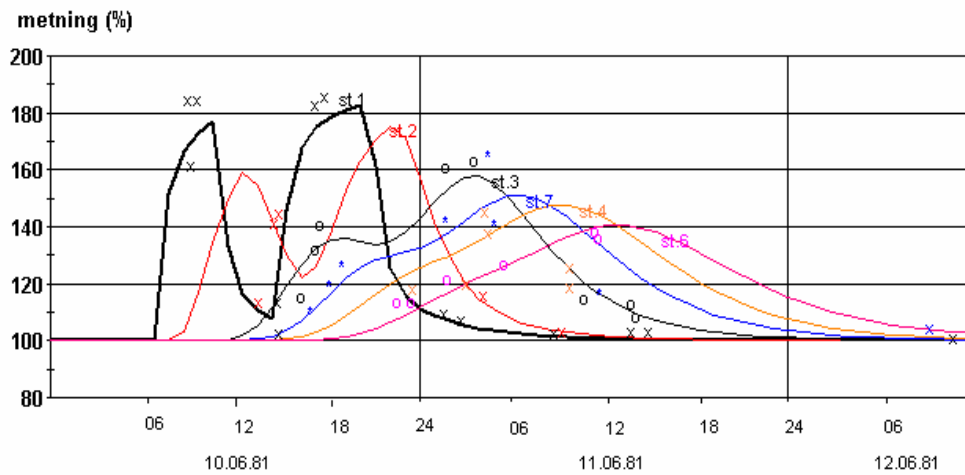
3. Resultat

3.1 Simuleringer

3.1.1 Kalibrering av modellen

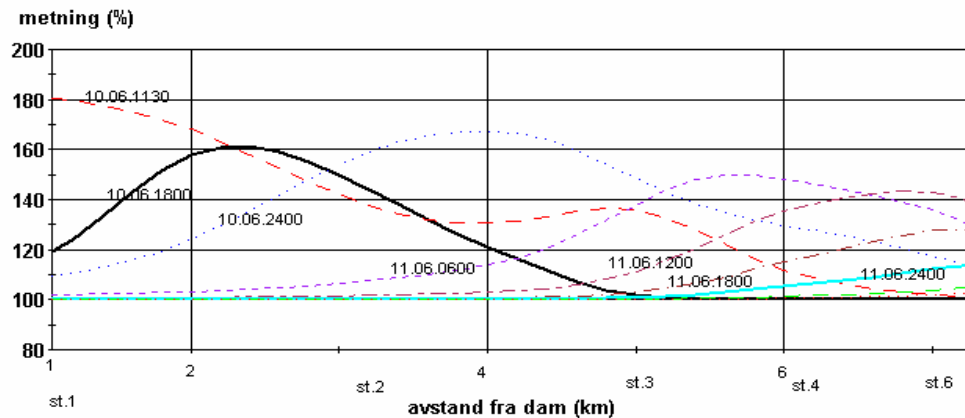
Utslippet i 1981 er simulert for å verifisere modellen. Resultatet av denne er vist i figur 1. Simuleringene viser bra samsvar med observerte verdier 9.-11. juni 1981, (Pettersen m. fl 1982). Modellen ble derfor vurdert som godt egnet til å utføre de ønskede scenariene.

Total luftmetning som funksjon av tiden på ulike stasjoner nedstrøms dammen ved Rygene kraftstasjon er vist i figur 2.



Figur 1. Utslippsdata rapportert i Pettersen m.fl., (1982) simulert i modellen. Stasjonsplassering er som angitt nedenfor.

- St.1 1 km nedenfor dam – ved Helle like nedenfor avløpstunnelen
- St.2 2.5 km nedenfor dam – ved Lerestveitholmen
- St.3 5 km nedenfor dam – ved Storholmen
- St.7 5.5 km nedenfor dam – ved Salvehølen
- St.4 6 km nedenfor dam – ved Vippe bru
- St.6 7.5 km nedenfor dam - nedenfor Ramsøya



Figur 2. Endringer i beregnet metning nedover elva ved ulike tidspunkter

3.2 Scenarier

Hvert scenarium presenteres nedenfor som tabell. I hver tabell er grunnlagsdata inkludert. Metningsprosent er oppgitt som total luftmetning (TLT). Alle tabeller og figurer er også gitt i Vedlegg A. Resultatene er presentert for hver kilometer nedstrøms dammen ved Rygene. Den første stasjonen er plassert like nedenfor avløpstunnelen og den siste nær utløpet til havet (dvs avvikende fra kalibreringen hvor stasjonsbetegnelsen fra rapporten Pettersen m. fl. (1982) ble benyttet. Gassmetningen utenom omløpet ble antatt å være 100 %.

I tabellene er det beregnet hvor lenge (antall minutter) ulike overmetningsnivåer er overskredet. Dersom konsentrasjonen er høy og overskridelsen varer lengre ansees vannkvalitetsgrensene som overskredet (Tabell 2). Dette er markert med rødt. Blå boks antyder at kritiske grenser sannsynligvis ikke er overskredet. De ulike scenariene er gruppert med tanke på ulike problemstillinger. Hver problemstilling er samlet under egne underkapitel nedenfor.

Tabell 2. Grenseverdier for luftmetningsgrad og varighet med antatt biologisk effekt.

Metning	Varighet	Biologisk effekt
>150*	>0,5 timer	Uakseptabelt
140-150	>1 timer	Uakseptabelt
120-140	>5 timer	Uakseptabelt
115-120	5 timer	Grenseverdi for sannsynlig effekt
110-115	<24 timer	Kan forårsake subletale effekter
105-110**	>1 døgn	Kan forårsake subletale effekter

* Dette vil være uunngåelig på stasjon 1 (umiddelbart nedstrøms utslippspunktet) dersom utslippet varer i mer enn 30 minutter.

3.2.1 Betydning av overmetningsprosent

I gassovermetningsutvalgets rapport (s.43, 3. avsnitt) står det at overmetningen i avløpstunnelen kan nå 200%, d.v.s. en total metning på 300% Sammenliknes scenarium 1 og 2 ser man at dersom luftmetningen i omløpet økes fra 200 til 300 % TLT (alle andre faktorer holdes konstant) øker både intensiteten på episoden og varighet. Under scenarium 1 beregnes det at en grense på >105% TLT overskrides i inntil 5 timer Stasjon 2 til 5, mens varigheten økes til 8 timer under scenarium 2. Begge kriterier er godt under 1 døgn og det forventes derfor ikke uakseptable biologiske effekter. Overmetningsprosenten i tunnelvannet vil være en av de største usikkerhetene i de utførte scenariene. Det ble derfor kjørt tre scenarier med høy overmetning og høyt vannbidrag fra omløpstunnelen. Disse er beskrevet i kap. 3.2.2.

Scenarium 1.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	Omløp	Demning
>150	0							40	5
>140	0,2							35	momentan
>120	0,8							200	100
>115	1,1	0							
>110	1,4	2,1	0	0	0				
>105	2,1	3,8	4,4	4,8	2,1	0	0		
<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>									

Scenarium 2.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	Omløp	Demning
>150	0,7							40	5
>140	0,9							35	momentan
>120	1,6	2,2	1,6					300	100
>115	1,8	2,9	3,4	2,9					
>110	2,2	4,0	4,7	5,2	4,9	0,0			
>105	3,4	5,4	6,3	7,0	7,9	7,9	6,7		
<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides kun på St.1</i>									

3.2.2 Betydning av vannføring og varighet av utslipp

I scenariene 2, 10, 11 og 12 er luftmetning satt til 300 % TLT. Sammenliknes scenarium 2 med scenarium 10 er både vannføring (40 vs 170 m³/s) og hvor raskt vannet overføres til demningen variert. I scenarium 10 oppstår uakseptable vannkvaliteter på samtlige stasjoner, men årsaken varierer mellom stasjonene. På St. 1 til St.5 er vannkvaliteten uakseptabel på grunn av høy konsentrasjon, på St 6 og 7 på grunn av varighet. Simuleringen antyder at 300 % TLT, høy vannføring, 35 minutter responstid og 60 minutter overføringstid vil kunne resultere i uakseptable vannkvaliteter. Ved lavere vannføringer i omløpstunnelen (40 m³/s) vil ikke tilsvarende situasjoner oppstå. *Kritiske grenser er således avhengig av vannføringen i omløpstunnelen.*

Beholdes alle forutsetninger som over (scenarium 10), men overføring av vann starter allerede etter 5 minutter vil kritisk vannkvalitet kun oppstå på stasjon 1 til 3 (scenarium 11). Overføres vann raskere, og i løpet av 30 minutter, vil kritisk vannkvalitet kun oppstå på stasjon 1 (scenarium 12). Dette illustrerer at *rask overføring av vann til demningen ved Rygene minimaliserer sannsynligheten for biologiske effekter.*

Scenarium 10, 11 og 12 representerer de "verst tenkte tilfellene", hvor overmetningen i omløpstunnelen er på 300% TLT, vannføringen er på 170 m³/s og det går kun 5 m³/s i minstevannføringsløpet. Konklusjonen som kan trekkes fra disse simuleringene er at: *rask overføring av vann fra omløpet til demningen vil minimalisere mulighetene for fiskedød.*

Scenarium 2.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,7							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,9							Varighet minutter	35	momentan
>120	1,6	2,2	1,6					Luftmetning % TLT	300	100
>115	1,8	2,9	3,4	2,9				Vannkvalitetsgrensene overskrides kun på St. 1		
>110	2,2	4,0	4,7	5,2	4,9	0,0				
>105	3,4	5,4	6,3	7,0	7,9	7,9	6,7			

Scenarium 10.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	1,6	1,9	2,1	2,1	1,3			Vannføring m ³ /s	170	5
>140	1,6	2,4	2,4	2,4	2,4	0,0	0,0	Varighet minutter	35	60
>120	1,9	2,9	3,2	3,7	4,2	4,9	5,7	Luftmetning % TLT	300	100
>115	2,1	3,2	3,7	4,1	4,9	5,7	6,5	Vannkvalitetsgrensene overskrides i hele vassdraget.		
>110	2,4	3,6	4,1	4,5	5,7	7,3	8,1			
>105	3,2	4,9	5,7	5,8	7,3	9,7	10,5			

Scenarium 11.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,8	0,8	0,0					Vannføring m ³ /s	170	5
>140	1,1	1,3	1,0	0,0	0,0			Varighet minutter	5	60
>120	1,3	2,1	2,3	2,5	2,5	0,0	0,0	Luftmetning % TLT	300	100
>115	1,4	2,4	2,8	3,1	3,4	3,1	2,1	Vannkvalitetsgrensene overskrides på St.1 til 3		
>110	1,7	2,8	3,2	3,7	4,5	4,9	5,2			
>105	2,1	3,2	4,2	4,5	5,6	7,1	7,8			

Scenarium 12.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,6							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,7	0,0	0,0	0,0				Varighet minutter	5	30
>120	0,8	1,6	1,7	1,4	0,0			Luftmetning % TLT	300	100
>115	1,1	1,8	2,1	2,1	2,1	0,0		Vannkvalitetsgrensene overskrides på St. 1		
>110	1,3	2,3	2,8	2,8	3,1	2,8	0,0			
>105	1,6	2,8	3,5	3,7	4,2	4,9	5,6			

3.2.3 Vannføring i minstevannføringsløpet

Sammenliknes scenarium 1 med scenarium 3 er vannføringen i omløpstunnelen økt fra 40 til 170 m³/s. Denne økningen påvirker intensiteten av episoden, men varigheten blir kortere på Stasjon 1 til 4 som følge av raskere transporthastighet i elva. Under scenarium 3 øker varighet av vann med >105% TLT på Stasjon 5 til Stasjon 7 som følge av økt vannvolum med overmettet vann. Fortynning med vannvolumet i elva får redusert betydning. Grensene for biologisk effekt overskrides ikke. *Høy vannføring i minstevannføringsløpet bidrar til å redusere sannsynlighet for biologisk effekt.*

Dersom minstevannføringsløpet kun transporterer 1 m³/s og omløpstunnelen transporterer 170 m³/s innebærer dette at vann fra omløpstunnelen i liten grad fortynnes. Metningen vil kun avta fra 298% til 295%. Denne endringen er for liten til at den vil kunne måles og er innenfor feilmarginer i modellen. Hvis minstevannføringsløpet fører 5 m³/s reduseres metningen til 278% TLT. Dette innebærer at episodenes intensitet reduseres med ca 10%.

Effekten av fortynning illustreres også dersom scenarium 3 sammenliknes med scenarium 4. Her økes vannføringen i minstevannføringsløpet fra 5 til 100 m³/s. Varighet og intensitet av episoden reduseres ettersom både fortynning og transporthastighet økes.

Scenarium 1.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,2							Varighet minutter	35	momentan
>120	0,8							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,1	0						<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,4	2,1	0	0	0					
>105	2,1	3,8	4,4	4,8	2,1	0	0			

Scenarium 3.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,5							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,7							Varighet minutter	35	momentan
>120	0,8	1,3	1,2					Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,0	1,7	1,7	1,7				<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides kun på St.1</i>		
>110	1,2	2,0	2,3	2,5	2,7					
>105	1,4	2,6	3,4	3,7	4,2	4,7	5,0			

Scenarium 4.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,2							Vannføring m ³ /s	170	100
>140	0,4							Varighet minutter	35	momentan
>120	0,7	0,6						Luftmetning % TLT	200	100
>115	0,9	1,1	0,6					<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,1	1,8	1,8	1,8						
>105	1,4	2,4	2,8	3,0	3,7	3,3	2,8			

3.2.4 Gradvis overføring av vann fra omløp til demning

I scenarium 1 til 4 ble vann fra omløpstunnelen overført momentant til demningen. De resterende scenariene er utført med betingelser hvor vann gradvis blir overført fra omløpstunnelen til demningen.

Sammenliknes scenarium 1 med scenarium 5 ser man at den gradvise overføringen øker varigheten av episoden. Dette er å forvente ettersom varigheten av utslippet øker. 15 minutter overføringstid er likevel akseptabelt og biologiske effekter forventes ikke. Kortes utslippstid ned fra 35 til 20 minutter (scenarium 6) reduseres varigheten og intensitet på episoden i forhold til situasjonen i scenarium 5. Ytterligere forminskning av episoden oppnås dersom vann sjaltes fra omløpet allerede

etter 5 minutter (scenarium 7). I disse situasjonene ble vann overført innen en 15 minutter periode. Vannføringen i omløpet var satt til 40 m³/s. Varigheten av episoden tiltar derimot hvis omløpet overføres over en 60 minutter periode. Dette er å forvente ettersom mer vann slippes ut gjennom omløpstunnelen. Dersom vann overføres innen 30 minutter istedenfor 60 minutter reduseres varigheten og konsentrasjoner tilsvarende.

Scenarium 1.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,2							Varighet minutter	35	momentan
>120	0,8							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,1	0						<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,4	2,1	0	0	0					
>105	2,1	3,8	4,4	4,8	2,1	0	0			

Scenarium 5.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,4							Varighet minutter	35	15
>120	1,1							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,3	0,0	0,0					<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,8	2,6	2,2	0,0	0,0					
>105	2,6	4,4	5,5	5,5	5,5	0,0	0,0			

Scenarium 6.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,4							Varighet minutter	20	15
>120	0,9							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,1	0,0						<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,8	2,2	0,0	0,0	0,0					
>105	2,2	4,4	4,8	4,4	2,2	0,0	0,0			

Scenarium 7.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150								Vannføring m ³ /s	40	5
>140								Varighet minutter	5	15
>120	0,2							Luftmetning % TLT	200	100
>115	0,4							<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	0,7									
>105	1,1									

Scenarium 8.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,5							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,6	0,0	0,0					Varighet minutter	5	60
>120	1,0	1,1	1,0	0,0				Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,3	1,6	1,6	1,6	0,0			<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,5	2,1	2,4	2,4	2,4	0,0	0,0			
>105	1,6	2,8	3,2	3,6	4,1	4,9	4,9			

Scenarium 9.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,3							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,5	0,0						Varighet minutter	5	30
>120	0,6	0,6	0,0					Luftmetning % TLT	200	100
>115	0,8	1,2	0,8	0,0				<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	0,9	1,5	1,8	1,5	0,0	0,0	0,0			
>105	1,2	2,3	2,8	3,1	3,4	3,1	1,5			

4. Diskusjon

Luftovermetning er periodevis et miljøproblem i Nidelva. Omfanget av miljøproblemet er bestemt av en rekke faktorer. Basert på tidligere undersøkelser er det vist at utslipp med varighet på 4 timer forårsaker giftige vannkvaliteter. De siste årene har maksimal varighet av et utslipp vært satt til 20 minutter. I tillegg kommer den tiden det tar før vann kan sjaltes fra omløpstunnelen til minstevannføringsløpet. Det var et ønske om å kunne øke denne til 35 minutter.

Dersom omløpstunnelen fører 170 m³/s vann i 35 minutter og dersom dette vannet har en TLT på 300% og overføring av vann fra omløpstunnelen til demningen på Rygene tar 60 minutter kan det inntreffe kritiske situasjoner for fisk i elva. Reduseres varigheten av utslippstiden til 5 minutter og/eller reduseres nedtrappingstiden fra 60 til 30 minutter avtar sannsynligheten for biologiske effekter i vassdraget.

Ved lavere luftmetningsnivåer og ved lavere vannføringer i omløpstunnelen er sannsynligheten for kritiske situasjoner små såfremt varigheten av utslippet ikke overstiger 35 minutter og hvis vann overføres til demningen innen 30 minutter.

Den største usikkerheten i disse modellberegningene vil være usikkerheten forbundet med hvilke luftmetningsnivåer som faktisk kan oppstå i tunnelen. I komiteen for gassovermetning 1982 var det konkludert med at mer enn 300 % TLT metning ikke ville forekomme. Basert på dette er simuleringene utført innefor realistiske nivåer.

5. Referanser

- Bouck, G.R. 1980. Etiology of Gas Bubble Disease. *Trans.Am.Fish.Soc* Vol 109, No 6; 703-707.
- Bentley, W.W. og H. Raymond. 1976. Delayed migration of yearling chinook salmon since completion of lower monumental and Little goose dams on the Snake river. *Comparative Biochemistry And Physiology*, Vol 49A; 311-321.
- Jensen, J.O.T., J. Schnute og D.F. Alderdice. 1986. Assessing juvenile salmonid response to gas supersaturation using a general multivariate dose-response model. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 43; 1694-1709.
- Johnson, R.C. og E.M. Dawley. Final Report 1974. The effect of spillway flow deflectors at Bonneville dam on total gas supersaturation and survival of juvenile salmon. Contract No Dacw 57 74 F 0122, Army Corps of Engineers.
- Meekin, T.K. og B.K. Turner. 1974. Tolerance of Salmonid Eggs, Juveniles and Squawfish to Supersaturated Nitrogen. Nitrogen Supersaturation Investigations in the Mid Columbia River, Washington Department of Fisheries Technical Report No.12; 75 s.
- Pettersen, S. (red), Heggberget, T. Hustveit, H., Kristensen, K., Mellquist, P., Poppe, T. og Aalo, H. 1982. Gassovermetning ved Rygene kraftverk, Arendalsvassdraget. Komiteen for undersøkelse av gassovermetting.
- Thorstad, E. Kroglund, F., Økland, F. og Heggberget, T.G. 1997. Vurdering av luftovermetning, trefiberutslipp og oppvandring av laks ved Rygene kraftverk. NINA-oppdagsmelding 494, 36s.
- Weitkamp, D.E. og M.A. Katz. 1980. A review of dissolved gas supersaturation literature. *Trans.Am.Fish.Soc.* 109; 659-702.
- Wool, T.A., Ambrose, R.B. and Martin, J.L. 2001. Water Quality Simulation Program (WASP). Version 6.0. Draft : User's Manual. US Environmental Protection Agency, Atlanta

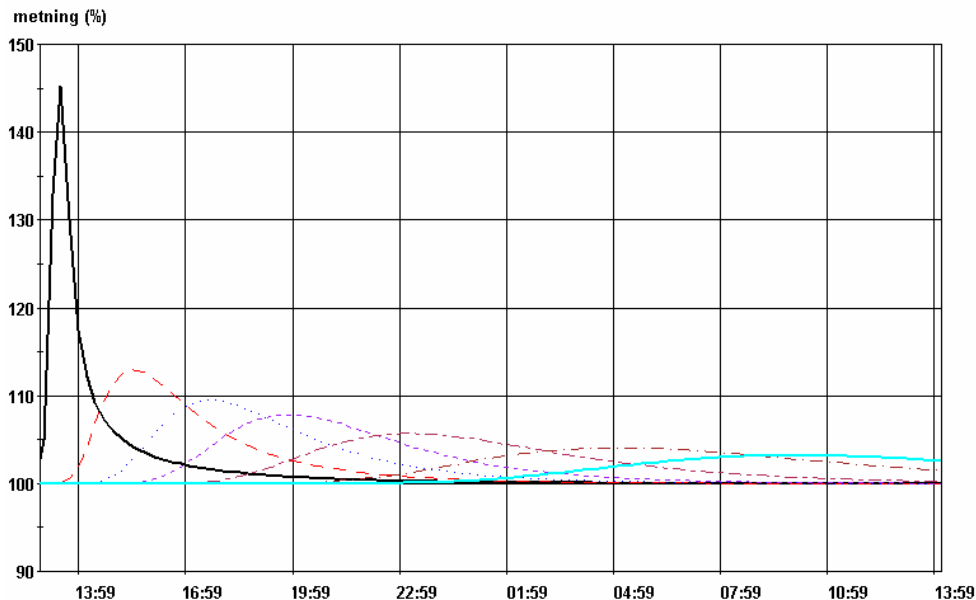
Vedlegg A.

Scenarium 1

Denne simuleringen gir høy luftmetning kun på stasjon 1. Denne er kortvarig og har sannsynligvis liten biologisk effekt. På nedenforliggende stasjoner er overmetningen lavere og er lavere enn 110 TLT på samtlige stasjoner fra St.3.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,2							Varighet minutter	35	momentan
>120	0,8							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,1	0						<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,4	2,1	0	0	0					
>105	2,1	3,8	4,4	4,8	2,1	0	0			



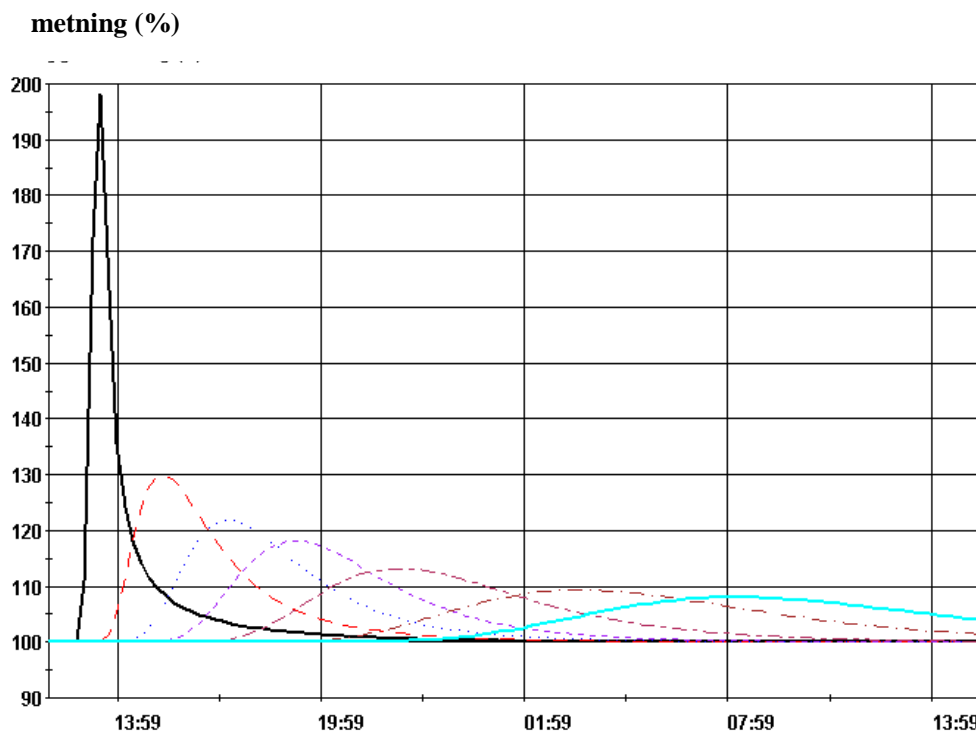
Figur 3. Scenarium 1. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 40 m³/s i 35 min deretter momentan overføring til damoverløp. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 2

Dersom luftmetningen i omløpstunnelen øker fra 200 % til 300 % (jfr scenario 1) øker konsentrasjonene nedover elva tilsvarende (med ca 50 %). Dette vil kunne gi kritisk vannkvalitet på St.1. På nedenforliggende stasjoner forventes ikke biologiske effekter, selv om varighet tiltar.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,7							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,9	0,0	0,0					Varighet minutter	35	momentan
>120	1,6	2,2	1,6	0,0				Luftmetning % TLT	300	100
>115	1,8	2,9	3,4	2,9	0,0					
>110	2,2	4,0	4,7	5,2	4,9	0,0	0,0	Vannkvalitetsgrensene overskrides kun på St.1		
>105	3,4	5,4	6,3	7,0	7,9	7,9	6,7			



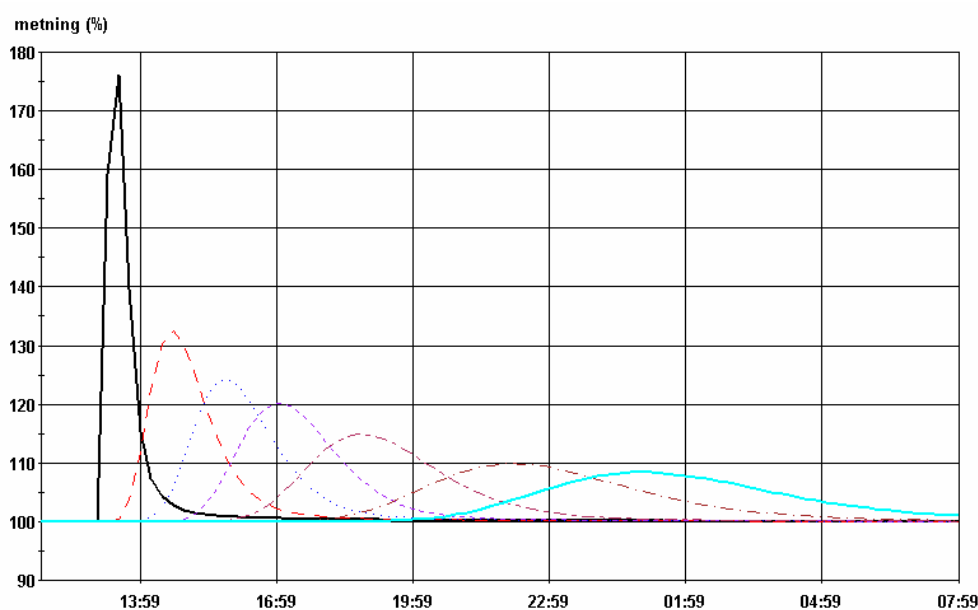
Figur 4. Scenarium 2. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 40 m³/s i 35 min deretter momentan overføring til damoverløp. Total luftmetning er satt til 300 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 3

Økes vannføringen i omløpstunnelen fra 40 til 170 m³/s (jfr scenario 1) tiltar intensitet og varighet av på episoden. Med denne totalmetningen i omløpstunnelen forventes det kun kritiske situasjoner på St.1, selv om mengden overmettet vann er høy.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,5							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,7	0,0	0,0					Varighet minutter	35	momentan
>120	0,8	1,3	1,2	0,0				Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,0	1,7	1,7	1,7	0,0			<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides kun på St.1</i>		
>110	1,2	2,0	2,3	2,5	2,7	0,0	0,0			
>105	1,4	2,6	3,4	3,7	4,2	4,7	5,0			



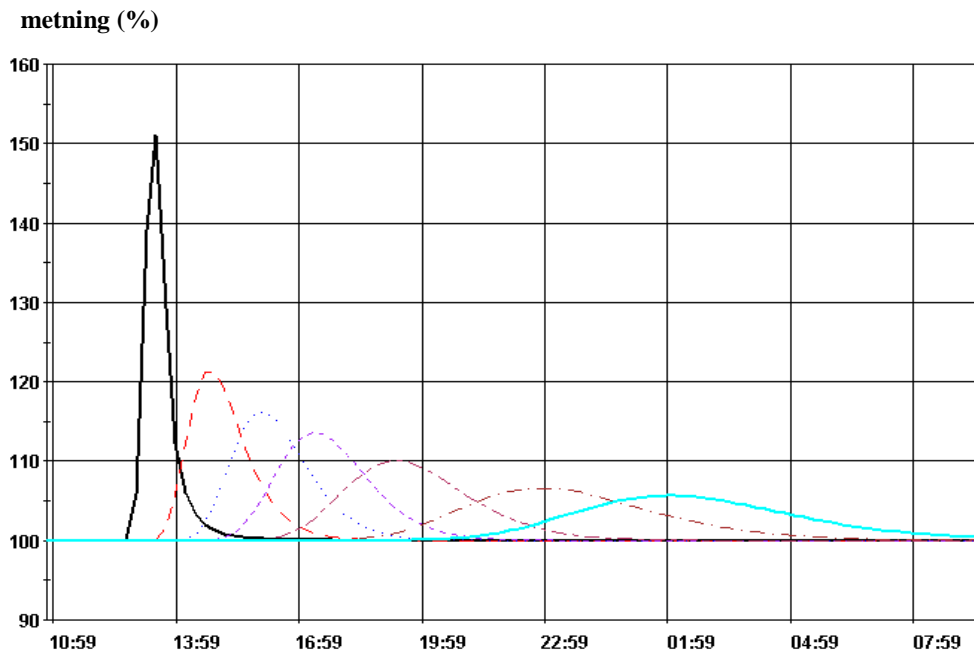
Figur 5. Scenarium 3. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 35 min deretter momentan overføring til damoverløp. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minste vannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 4

Økes vannføringen i minstevannføringsløpet avtar varighet og intensitet på episoden (jfr scenario 3).

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,2							Vannføring m ³ /s	170	100
>140	0,4	0,0						Varighet minutter	35	momentan
>120	0,7	0,6	0,0					Luftmetning % TLT	200	100
>115	0,9	1,1	0,6	0,0				<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,1	1,8	1,8	1,8	0,0	0,0	0,0			
>105	1,4	2,4	2,8	3,0	3,7	3,3	2,8			



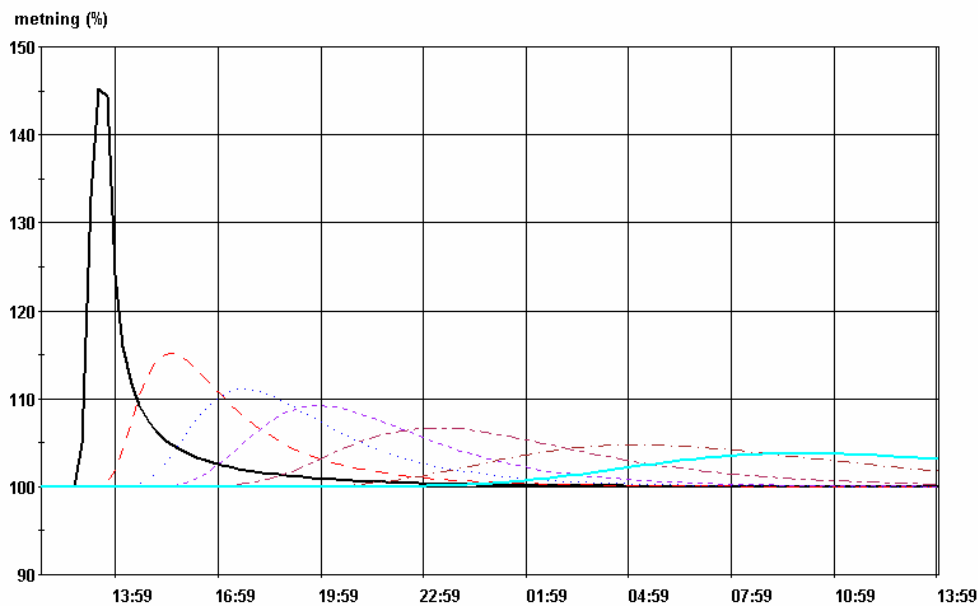
Figur 6. Scenarium 4. Vannføring over dam: 100 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 35 min deretter momentan overføring til damoverløp. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 5

Overføres vann gradvis fra omløpstunnelen øker varigheten på episoden sammenliknet med momentan overføring (jfr scenario 1)

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,4							Varighet minutter	35	15
>120	1,1							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,3	0,0	0,0					<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,8	2,6	2,2	0,0	0,0					
>105	2,6	4,4	5,5	5,5	5,5	0,0	0,0			



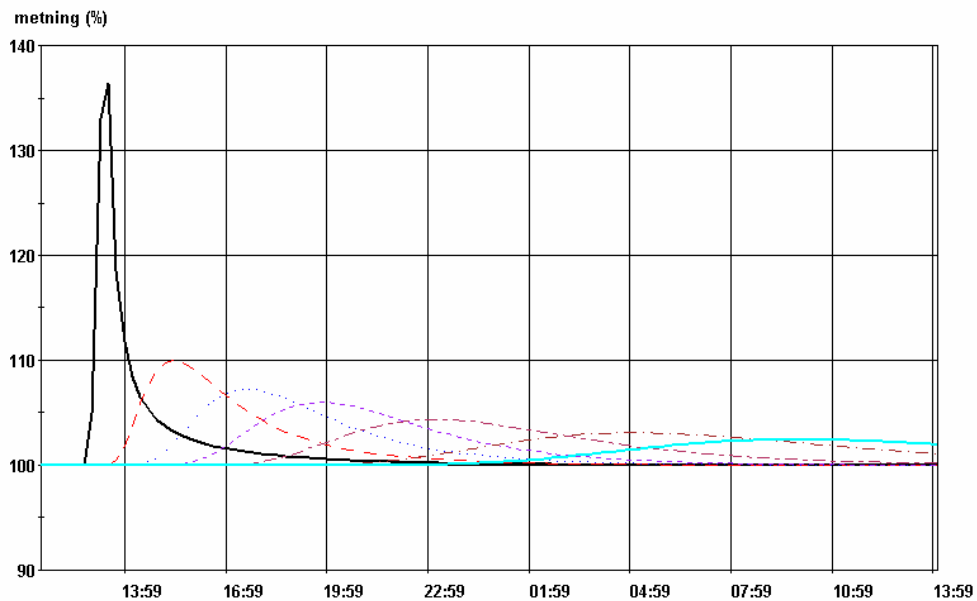
Figur 7. Scenarium 5 Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 40 m³/s i 35 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 15 minutter. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 6

Reduseres varigheten av bruk av omløpstunnelen avtar episoden (jfr scenario 5)

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,0							Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,4							Varighet minutter	20	15
>120	0,9							Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,1	0,0						<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	1,8	2,2	0,0	0,0	0,0					
>105	2,2	4,4	4,8	4,4	2,2	0,0	0,0			



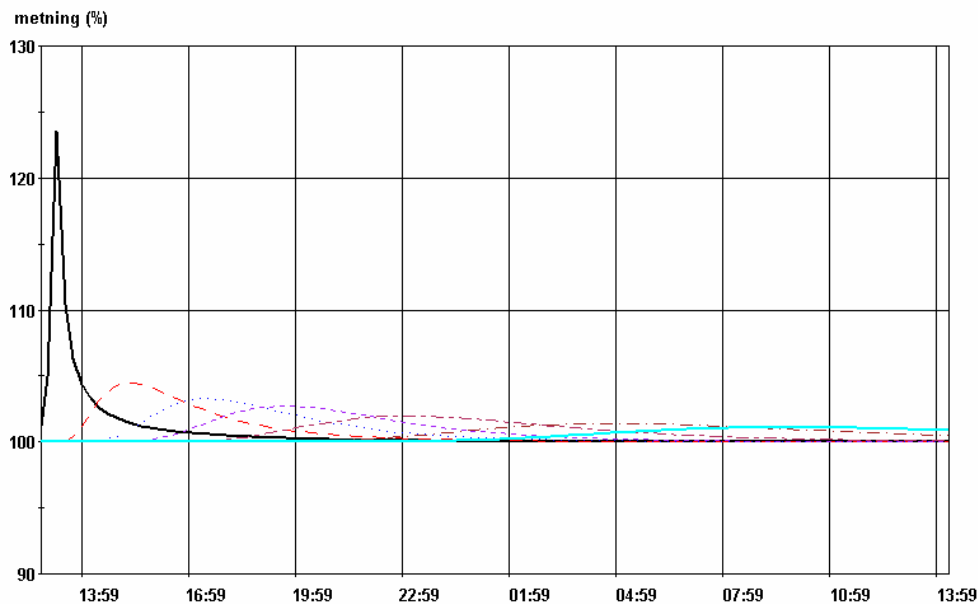
Figur 8. Scenarium 6 Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 40 m³/s i 20 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 15 minutter. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 7

Reduseres varigheten av bruk av omløpstunnelen avtar episoden (jfr scenario 5 og 6). Dersom vannføringen i omløpstunnelen opphører innen 5 minutter og alt vann er overført til demningen 15 minutter senere er TLT på samtlige stasjoner lavere enn 123 % TLT. Det vil være liten sannsynlighet for biologiske effekter. Dette er den biologisk beste løsningen.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150								Vannføring m ³ /s	40	5
>140	0,0							Varighet minutter	5	15
>120	0,2							Luftmetning % TLT	200	100
>115	0,4							<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	0,7									
>105	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			



Figur 9. Scenarium 7. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 40 m³/s i 5 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 15 minutter. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

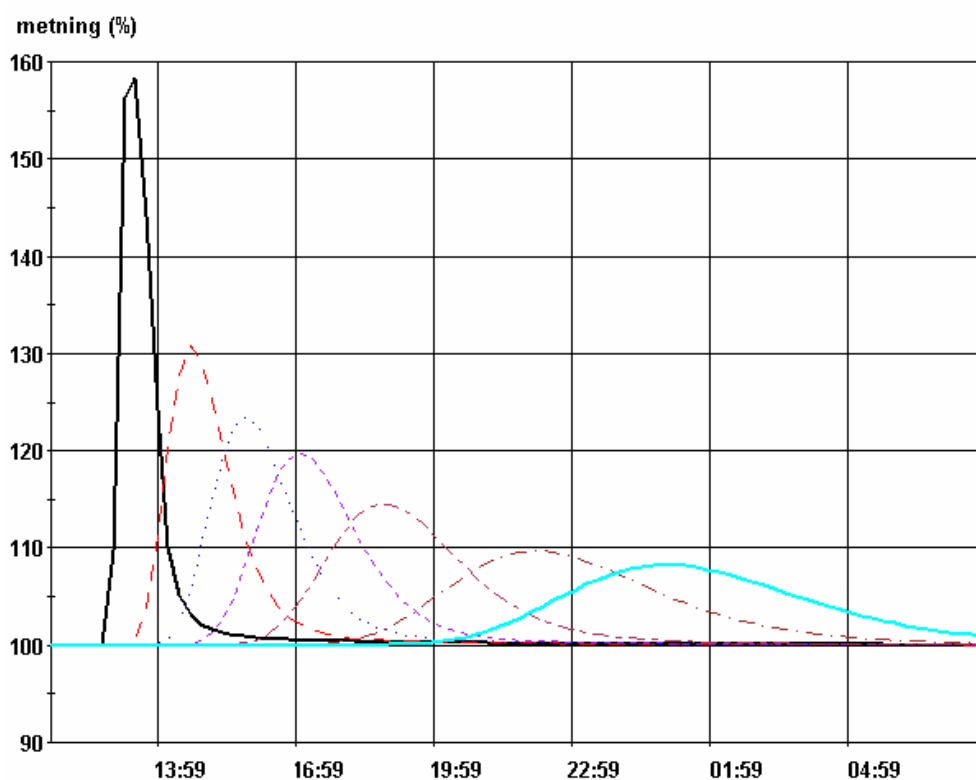
Scenarium 8

Økes mengden vann i omløpet økes fra 40 til 170 m³/s tiltar intensiteten på episoden.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,5							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,6	0,0	0,0					Varighet minutter	5	60
>120	1,0	1,1	1,0	0,0				Luftmetning % TLT	200	100
>115	1,3	1,6	1,6	1,6	0,0			Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke		
>110	1,5	2,1	2,4	2,4	2,4	0,0	0,0			
>105	1,6	2,8	3,2	3,6	4,1	4,9	4,9			

S



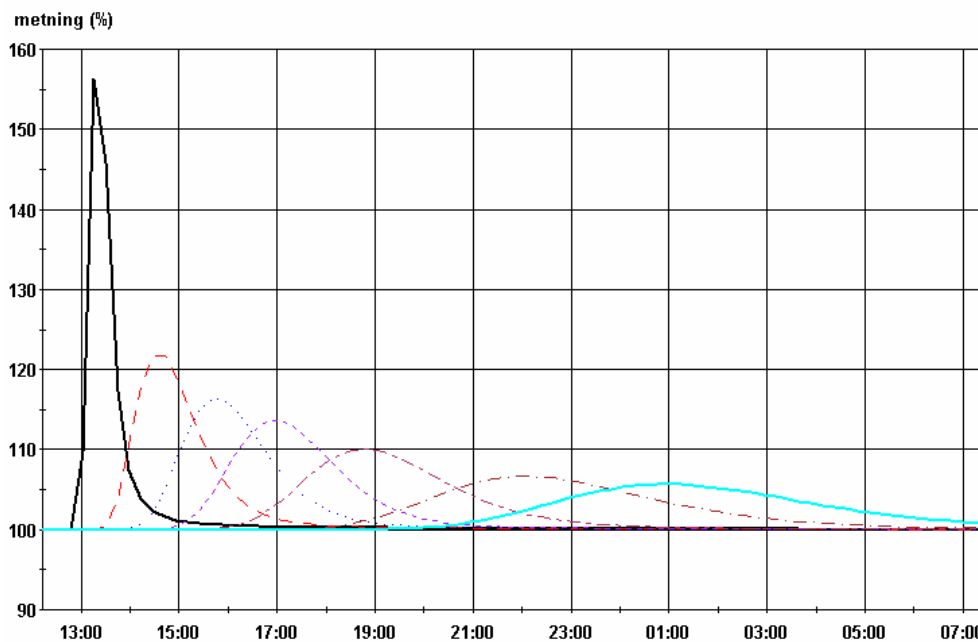
Figur 10. Scenarium 8 Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 5 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 60 minutter. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minste vannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 9

Desto raskere overføringen fra omløpstunnelen til damoverløpet finner sted desto lavere blir konsentrasjonene nedover i vassdraget (jfr scenario 8).

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenser verdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,3							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,5	0,0						Varighet minutter	5	30
>120	0,6	0,6	0,0					Luftmetning % TLT	200	100
>115	0,8	1,2	0,8	0,0				<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides ikke</i>		
>110	0,9	1,5	1,8	1,5	0,0	0,0	0,0			
>105	1,2	2,3	2,8	3,1	3,4	3,1	1,5			



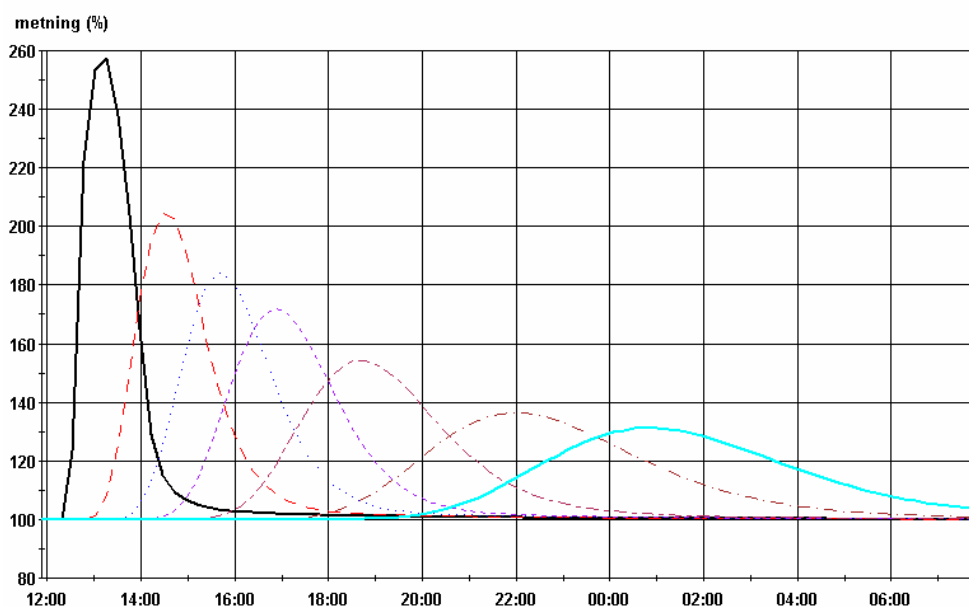
Figur 11. Scenarium 9 Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 5 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 30 minutter. Total luftmetning er satt til 200 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 10

Her er luftmetningen økt til 300% TLT. Dette er høyeste teoretiske verdi i henhold til beregninger utført for gassmetningsutvalget (REF). Dersom denne konsentrasjonen oppstår i tunnelvannet, varigheten av utslippet er på 35 minutter og det tar ytterligere 60 minutter før vannet er overført til demningen vil kritiske vannkvaliteter kunne oppstå i hele vassdraget. Dette er den "verste" kombinasjonen hvis biologiske effekter skal unngås.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	Omløp	Demning	
>150	1,6	1,9	2,1	2,1	1,3			Vannføring m ³ /s	170	5
>140	1,6	2,4	2,4	2,4	2,4	0,0	0,0	Varighet minutter	35	60
>120	1,9	2,9	3,2	3,7	4,2	4,9	5,7	Luftmetning % TLT	300	100
>115	2,1	3,2	3,7	4,1	4,9	5,7	6,5	Vannkvalitetsgrensene overskrides i hele vassdraget.		
>110	2,4	3,6	4,1	4,5	5,7	7,3	8,1			
>105	3,2	4,9	5,7	5,8	7,3	9,7	10,5			



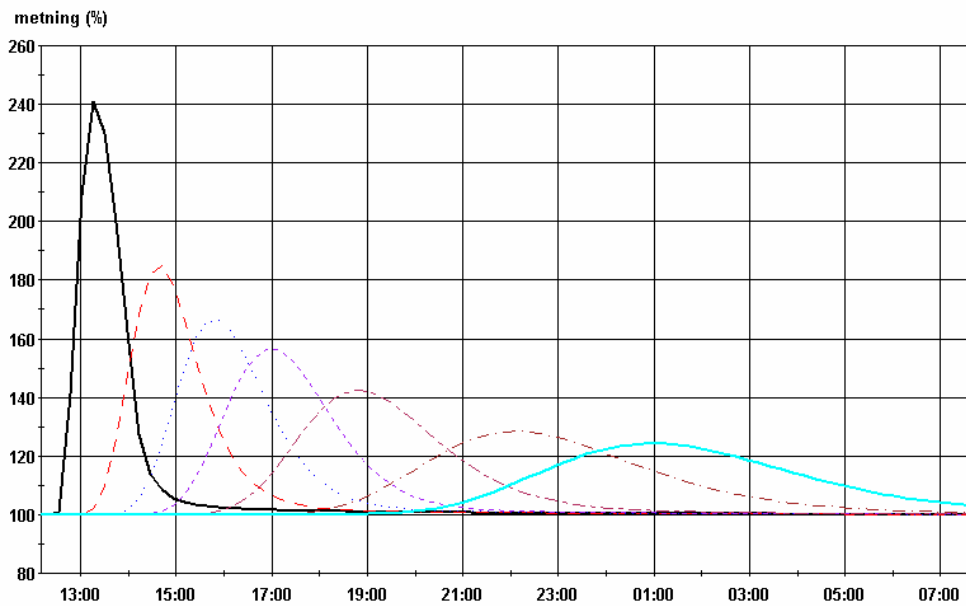
Figur 12. Scenarium 10. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 35 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 60 minutter. Total luftmetning er satt til 300 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 11

Sammenliknet med scenario 10 vil en reduksjon i bruken av omløpstunnelen redusere vannkvalitetsoverskridelsene betydelig.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,8	0,8	0,0					Vannføring m ³ /s	170	5
>140	1,1	1,3	1,0	0,0	0,0			Varighet minutter	5	60
>120	1,3	2,1	2,3	2,5	2,5	0,0	0,0	Luftmetning % TLT	300	100
>115	1,4	2,4	2,8	3,1	3,4	3,1	2,1	<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides på St.1 til 3</i>		
>110	1,7	2,8	3,2	3,7	4,5	4,9	5,2			
>105	2,1	3,2	4,2	4,5	5,6	7,1	7,8			



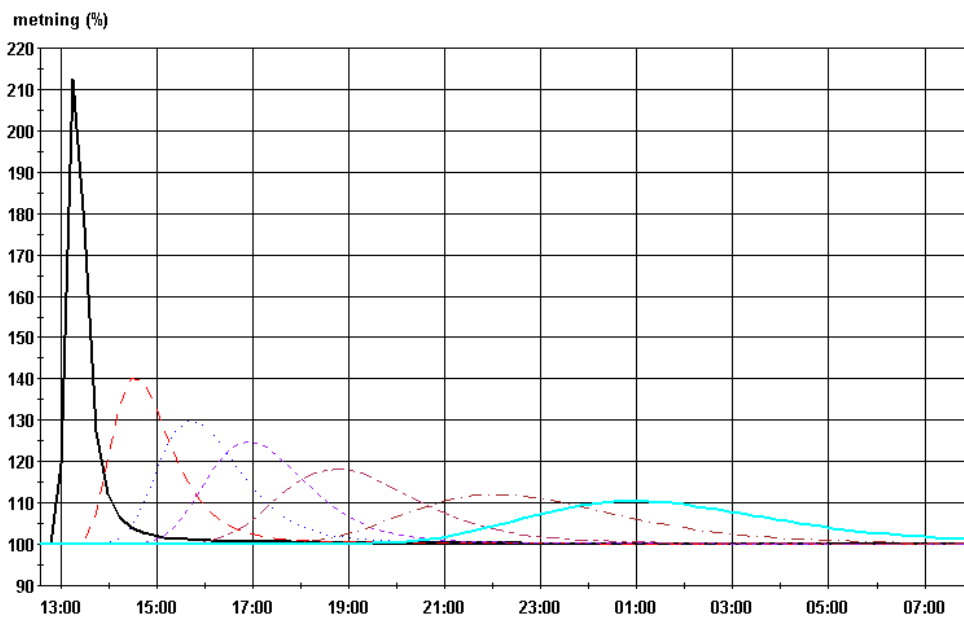
Figur 13. Scenarium 11. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 35 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 60 minutter. Total luftmetning er satt til 300 % i omløp og til 100% i minste vannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.

Scenarium 12

Reduseres både den tid omløpstunnelen benyttes samt den tid det tar å sjalte vann fra omløpet til demningen oppstår det ikke kritiske vannkvaliteter innen vassdraget.

Antall minutter med luftmetning høyere enn angitte grenser. Dersom konsentrasjon og varighet overskrider angitte grenserverdier er "boksen" markert med rødt.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7		Omløp	Demning
>150	0,6							Vannføring m ³ /s	170	5
>140	0,7	0,0	0,0	0,0				Varighet minutter	5	30
>120	0,8	1,6	1,7	1,4	0,0			Luftmetning % TLT	300	100
>115	1,1	1,8	2,1	2,1	2,1	0,0		<i>Vannkvalitetsgrensene overskrides på St.1</i>		
>110	1,3	2,3	2,8	2,8	3,1	2,8	0,0			
>105	1,6	2,8	3,5	3,7	4,2	4,9	5,6			



Figur 14. Scenarium 11. Vannføring over dam: 5 m³/s. Vannføring i omløp: 170 m³/s i 35 min deretter gradvis overføring til damoverløp i løpet av 60 minutter. Total luftmetning er satt til 300 % i omløp og til 100% i minstevannføringsløpet. Kurvene representere elva for hver kilometer fra dammen til havet. Kurven lengst til venstre viser metningsverdiene like nedenfor avløpstunnelen.