



RAPPORT LNR 5058-2005

Undersøkelser av utslipp
fra Miljøtransport AS til
Alnavassdraget

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 Undersøkelser av utslipp fra Miljøtransport AS til Alnavassdraget	Løpenr. (for bestilling) 5058-2005	Dato 06.09.2005
	Prosjektnr. Undernr. O-24229	Sider Pris 29 + Vedlegg
Forfatter(e) Tor Gunnar Jantsch, NIVA Karl Jan Aanes, NIVA Lillian Ovell, COWI Arild Eikum, Eikum Miljøteknologi	Fagområde Miljøteknologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Miljøtransport AS	Oppdragsreferanse Per Larsen
--	---------------------------------

Sammendrag

Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune karakteriserer Alna-vassdraget som et av de mest forurensede vassdragene i Oslo kommune. Lekkasjer og feilkoplinger på avløpsnettets utgjør en viktig del av forurensingen i Alna. Miljøtransport AS har, på grunn av en misforståelse, i flere år ledet mineralvann, øl og vin via det kommunale overvannsnett til Alna-vassdraget. Ved bruk av teoretiske beregninger, er det vist hvordan ulike, antatte utslippsscenarioer kan påvirke oksygenforholdene i Alna. Simulering av nedbrytningsforløpet av utslippet i Alna gjennom laboratorietester viser at nedbrytningsprosessen for enkelte utslipp kan være forsinket. Således kan, i enkelte tilfeller, store deler av utslippet føres ut av vassdraget og ut i havnebassenget før nedbrytningen finner sted. Sammensetningen av bunndyrfaunaen på stasjonen oppstrøms utslippet indikerer en mindre god vannkvalitet og et bunndyrsmangfold som er moderat til markert påvirket av organisk materiale, uorganisk partikulært materiale og næringssalter. Sammensetningen av bunndyrfaunaen på stasjon nedstrøms utslippet indikerer en forverring av vannkvaliteten i forhold til oppstrøms utslippet. Bunndyrsmangfoldet bærer preg av en vannkvalitet som er sterkt forurenset av organisk materiale. Sammenlignet med resultatene fra en tidligere undersøkelse som ble foretatt den 15. september i 1999, finner vi små forskjeller på stasjon 2 mellom de to undersøkelsene. Dette indikerer at tilførselene av forurensninger ikke har endret seg vesentlig fra 1999 til 2004. Vassdragets resipientkapasitet er overbelastet og faunasammensetningen indikerer at dette skyldes en belastning med organisk materiale utover det som er vassdragsavsnittets selvrensingsevne.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utslipp 2. Næringsmiddel 3. Biologisk effekt 4. Vannkvalitet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Discharge 2. Food 3. Biological effect 4. Water quality
---	--



Tor Gunnar Jantsch
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

Undersøkelser av utslipp fra Miljøtransport AS til Alnavassdraget

Forord

Miljøtransport AS har, etter pålegg fra Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune, engasjert NIVA for å utrede eventuelle effekter av et utslipp fra bedriften til Alna-vassdraget i perioden 2001 til 2004. Oppdraget omfattet biologiske og kjemiske undersøkelser i resipienten for å dokumentere virkningen av utslippet. I tillegg ble det innhentet data og utført teoretiske beregninger for å anslå utslippets konsekvenser for oksygenforholdene i vassdraget. Ytterligere data ble innhentet av i en supplerende undersøkelse utført av Lillian Ovell, COWI AS og Arild Schancke Eikum, Eikum Miljøteknologi, og er innlemmet i denne rapporten

Ansvarlig for de biologiske undersøkelser har vært Karl Jan Aanes, NIVA. Vurderinger av de kjemiske effekter i vassdraget ble utført av Tor Gunnar Jantsch, NIVA, Lillian Ovell, COWI og Arild Eikum, Eikum Miljøteknologi.

Oslo, 5. september 2005

Tor Gunnar Jantsch

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
1. Vurdering av utslippet	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Utslippets karakter	8
1.2.1 Mengde	8
1.2.2 Sammensetning av mineralvann, øl og vin.	8
1.2.3 Effekt av mineralvann, øl og vin i resipient	9
1.2.4 Oksygenforbruk	9
1.2.5 Utslippsmengder	11
1.3 Beregnet effekt av utslippet på oksygenforholdene i Alna	11
1.3.1 Fortynning og innblanding av utslipp	11
1.3.2 Teoretisk effekt av utslippene	12
1.3.3 Simulert effekt av utslippene ved bruk av vannkvalitetsmodell (QUAL2K)	15
1.3.4 Simulering av deoksygenering	18
1.3.5 Kommentarer til resultatene	20
1.4 Vannkvalitet oppstrøms og nedstrøms utslippspunktet, nye undersøkelser 2005	22
2. Biologiske undersøkelser	23
2.1 Materiale og metoder	23
2.1.1 Stasjonsbeskrivelse	23
2.1.2 Metode	23
2.2 Resultater: Resipientundersøkelser i Alna 2004.	24
2.2.1 Resultater fra tidligere undersøkelser	25
2.2.2 Resultater fra undersøkelsene i 2004	25
2.2.3 Sammenligning med undersøkelsene i 1999	27
3. Litteratur	29
Vedlegg A.	30

Sammendrag og konklusjoner

Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune (2004) karakteriserer Alna-vassdraget som et av de mest forurensede vassdragene i Oslo kommune. Lekkasje og feilkoplinger på avløpsnettutgjør en viktig del av forurensingen i Alna.

Miljøtransport AS har i perioden 2001 – 2004, på grunn av en misforståelse, ledet mineralvann, øl og vin, som er mottatt for destruksjon, via det kommunale overvannsnett til Alna-vassdraget. Dette er et utslipp som først og fremst tilfører resipienten lett nedbrytbare organiske forbindelser. Etter pålegg fra Vann- og avløpsetaten (VAV), Oslo kommune, har Miljøtransport AS engasjert NIVA til å vurdere eventuelle konsekvenser av utslippet i vassdraget. Supplerende undersøkelser ble utført av COWI og Eikum Miljøteknologi og resultatene fra alle undersøkelsene er innlemmet i denne rapporten.

Utslippets primære effekt på vannkvaliteten i Alna vil kunne være redusert oksygeninnhold som igjen vil kunne føre til påvirkning av de biologiske forholdene i vassdraget. Undersøkelsen er derfor basert på en vurdering av utslippets konsekvens for oksygenforholdene i elva og på resultater fra undersøkelsen av bunndyrsamfunnets sammensetning umiddelbart oppstrøms (stasjon 1) og nedstrøms (stasjon 2) utslippet i Alna. Vurderingen av utslippets innvirkning på oksygenforholdene er basert på bruk av teoretiske beregninger, en vannkvalitetsmodell (QUAL2K fra US, EPA), og praktiske laboratorieforsøk, for å se hvor stor reduksjonen av oksygen kan være og hvor hurtig den finner sted ved ulike utslippsscenarioer.

Som nevnt ovenfor er Alna-vassdraget sterkt forurenset, og det ble observert andre utslipp mellom stasjon 1 og stasjon 2. Det lå imidlertid ikke innenfor rammen av dette prosjektet å kartlegge omfanget av disse utslippene i forhold til utslippet fra Miljøtransport AS. Det ble derimot tatt ut prøver for bestemmelse av enkelte vannkvalitetsparameter og sedimentparametere på begge stasjoner og analysert for forureningskomponenter som normalt stammer fra kommunale avløp og fra veiavrenning.

Basert på det arbeidet som er gjennomført kan vi trekke følgende konklusjoner i forbindelse med Miljøtransport's tidligere utslipp til Alna:

1. Utslippet fra Miljøtransport AS er ikke toksisk, men biologisk nedbrytbart, noe som vil føre til en oksygenreduksjon i den vannmassen hvor nedbrytningsforløpet vil kunne skje. Effekter av utslippene vil være svært avhengig av utslippets tidsforløp, Alnas vannføring og temperatur og utslippsparametere som mengde og kvalitet av utslipp (øl, vin eller mineralvann).
2. Nedbrytningsprosessen av det omtalte utslippet vil ikke nødvendigvis begynne ved utslippspunktet, men kan variere i intensitet avhengig av sammensetningen og hvor lett nedbrytbart utslippet er. I Laboratorieforsøk viste at nedbrytningen startet først etter 8 til 24 timer. Dette er senere omtalt som forsinkelse av deoksygenering ("lag phase").
3. Øket utslippsmengde (tonn/time) fra Miljøtransport AS kan føre til at det tar forholdsvis lang tid før effekten av forurenningene begynner.
4. Avhengig av vannføring i Alna og nedbrytningshastighet vil til dels store deler av utslippet fra Miljøtransport AS kunne føres ut av vassdraget og ut i havnebassenget før en større del av nedbrytningen og følgelig reduksjon av oksygen finner sted.
5. For enkelte utslippskvaliteter kan det, som laboratorietester viser, forekomme en forsinkelse av nedbrytning og oksygenreduksjon i vannmassene. Dette har sammenheng med at de mikroorganismene som vil kunne bryte ned de spesifikke organiske forbindelsene i denne type utslipp ikke naturlig er tilstede i tilstrekkelig konsentrasjon.

6. De biologiske undersøkelser i Alna, som ble gjennomført den 1. oktober 2004, viser at samfunnet av bunndyr har en sammensetning på stasjon 1 (oppstrøms utslippet fra Miljøtransport AS) som indikerer et bunndyrssamfunn som er moderat til markert påvirket av organisk materiale, uorganisk partikulært materiale og næringssalter.
7. Tilsvarende undersøkelser viser at sammensetningen av bunnfaunaen på stasjon 2 (nedstrøms utslippet fra Miljøtransport) indikerer en forverring i forhold til stasjon 1. Forurensningsbelastningen er større og bunndyrssamfunnet bærer tydelig preg av dette.
8. Andre kilder, som forurensning fra vei (E6) kan også bidra til forverring av forurensningssituasjonen på stasjon 2. Lukt av kloakk som ble registrert på denne stasjonen under prøvetakingen kan tyde på at Alna tilføres kloakk som stammer fra lekkasjer i det kommunale avløpsnettets eller fra andre utlipp på strekningen mellom de to prøvetakingspunktene.
9. Undersøkelser som er utført etter at utslippet fra Miljøtransport opphørte, har bekreftet tilførsel av forurensninger på strekningen mellom prøvetakingspunktene. Resultatene fra vannprøver som ble tatt på de to nevnte stasjonene og analysert på organisk materiale, næringssalter og koliforme bakterier viser at det er en markert tilførsel av forurensning til vassdraget mellom de to prøvepunktene.
10. Status for Alnavassdraget i dag er at resipientkapasiteten på strekningen fra stasjon 1 til stasjon 2 er overbelastet, og faunasammensetningen indikerer at dette skyldes en forurensningsbelastning utover det som er vassdragsstrekningens selvrensingsevne.
11. En sammenligning av resultatene om vassdragets helsetilstand på stasjon 2 med tilsvarende data fra en undersøkelse som ble foretatt den 15. september i 1999, finner vi små forskjeller mellom de to undersøkelsene. Dette indikerer at tilførselene av forurensninger (mengde og sammensetning) ikke var vesentlig forskjellig i 1999 og i 2004. Vi finner her en helt lik respons i de biologiske forholdene både i 1999 og i 2004.
12. En annen faktor som i stor grad er ødeleggende for vassdragets vannkvalitet, selvrensingsevne og resipientkapasitet er den store transporten av uorganisk materiale i Alna. Det bør arbeides med å finne kildene til denne transporten, samt å gjennomføre tiltak for å begrense partikkeltransporten. Dette vil ha positiv effekt på vassdragets vannkvalitet, dyre- og planteliv, samt på forhold som selvrensingsevne og resipientkapasitet.

1. Vurdering av utslippet

1.1 Bakgrunn

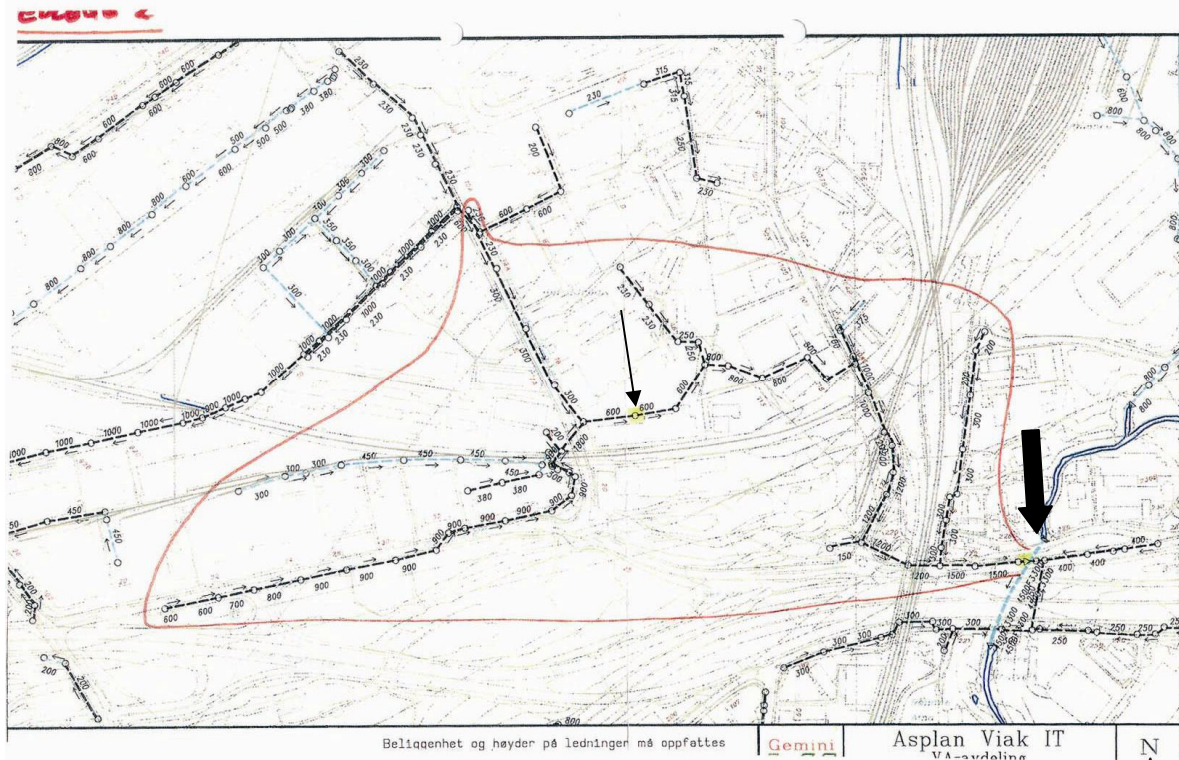
Miljøtransport AS har i perioden 2001-2004 ledet mineralvann, øl og vin via det kommunale overvannsnettet til Alnavassdraget, og ikke til det kommunale avløpsnettet slik Miljøtransport har trodd. Bedriften mottar og viderebehandler avfall for gjenvinning i Oslo-området. Øl, vin og mineralvann, dvs. næringsmidler i opprinnelig emballasje, er blant avfallet som blir mottatt. Behandlingen har bestått av knusing av emballasjen på en asfaltert flate, hvorpå emballasjen har blitt samlet opp og viderebehandlet ved bedriften. Selve næringsmidlene har blitt ledet fra den asfalterte flaten ned i en kum. Miljøtransport har vært av den oppfatning at næringsmidlene da fra denne kummen har blitt ført via det kommunale avløpsnettet til kommunalt renseanlegg.

Den 5. august, 2004, observerte ansatte i Vann- og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune hvordan behandlingsprosessen ved bedriften foregikk, og konstaterte at kummen som næringsmidlene renner ut i er en overvannskum, og at overvannsnettet leder utslippet ut i Alnavassdraget ved Breivollveien i en kulvert lokalisert ved krysningspunktet Alna-E6 (**Figur 1**).

VAV har, med hjemmel i Forurensingsloven § 51, pålagt Miljøtransport AS å iverksette biologiske undersøkelser i Alnavassdraget for å dokumentere virkningen av utslippet av øl, vin og mineralvann.

NIVA ble engasjert av Miljøtransport for å utrede saken med to ulike innfallsvinkler. På den ene side ble biologiske undersøkelser utført i Alnavassdraget med bakgrunn i VAVs spesifikke pålegg om å "...måle effekt på fisk og bunndyr oppstrøms og nedstrøms utslippspunkt." (brev fra Oslo kommune, VAV, datert 19.08.04, saksbehandler Vivi Paulsen). Den andre innfallsvinkelen var å gjennomføre teoretiske beregninger og praktiske forsøk i Alna for å se på av effekten (oksygenkonsentrasjonen i vannet) av utslippene i vassdraget. Alna er kjent for å være forurenset av andre kilder enn utslippet fra Miljøtransport ("Vannkvalitetstilstand i Alna – fra marka til fjorden", Oslo kommune, VAV, 2000). Videre er det gjennomført supplerende undersøkelser som omfatter deoksygeneringsforsøk og målinger av PAH i sedimentene. Disse er utført av COWI AS og Eikum Miljøteknologi.

Utslippet har vært støtvis og det har vært stor variasjon i utslippsmengdene (tabell 3 i vedlegg). Utslippet opphørte den 5. august 2004.



Figur 1. Kartutsnitt av utslippspunkt med omkringliggende områder. Smal og bred pil indikerer henholdsvis påslippspunkt på overvannsnett og utslippspunkt til Alna.

1.2 Utslippets karakter

1.2.1 Mengde

Det foreligger opplysninger fra Miljøtransport AS på mengde øl, vin eller mineralvann som er tatt imot ved anlegget og prosessert videre. For 2001 foreligger tall for total årlig mengde. For 2002, 2003 og 2004 foreligger data på døgnbasis. Det foreligger ikke opplysninger om det har vært øl, vin eller mineralvann som har blitt sluppet ut ved de ulike tidspunktene.

Utslipet har oppstått ved at emballasje inneholdende mineralvann, øl og vin har blitt knust på en asfaltert flate. Emballasjen har blitt resirkulert, mens væsken har rent ned i en overvannskum. Dette har medført et utslipp til Alnavassdraget tilsvarende den mengde væske prosessert ved behandlingsanlegget, med en viss fordøyning og uttynning gjennom overvannsnett.

I henhold til opplysninger fra Miljøtransport vil total mengde som er mottatt og behandlet ved bedriften bestå av 50 % væske og 50 % emballasje (på vektbasis).

1.2.2 Sammensetning av mineralvann, øl og vin.

Sammensetningen av utslippene er viktig for effekten på vassdraget. Som vist i **Tabell 1** er det stor forskjell i sammensetningen av øl, vin og mineralvann.

<u>Mineralvann</u>	har et ubetydelig innhold av nitrogen og fosfor, med unntak av cola-drikker som inneholder opptil 0,5 g/l fosforsyre. Syreinnholdet i cola-drikker medfører at pH i væsken kan være så lav som 2. Sukkerinnholdet er <0,5 % i lettbrus og 10-12 % i vanlig brus. Mengden av smakstilsetninger er ubetydelig i forhold til sukkermengden. Enkelte sorter kan også ha en sterk farge. (Personlig kommunikasjon, Ringnes AS, 2004).
<u>Øl</u>	inneholder ubetydelig mengder nitrogen, fosfor og svovel. pH på 4-4,5. Karbohydratinnholdet, hovedsakelig sukker, er 2-4 %, mens etanolinnholdet er 4,7 volum %, 10 vol % eller så høyt som 12 vol % avhengig av øltype. Tetthet for etanol er 0,79 kg/L, dvs. at i øl med 4,7 vol % etanol er det 37 g etanol/liter (Personlig kommunikasjon, Ringnes AS, 2004).
<u>Vin</u>	Små mengder nitrogen og fosfor, noe svovel (ca. 10 mg/l SO ₂). 4,5 g/l organiske syrer (mest vinsyre(tartarsyre)). Sukker fra <2 g/l (rødvin) til 10-20 g/l (hvitvin). 9-14 vol % (snitt 12 vol %) etanol. Fargen på vin er svært variabel. (Personlig kommunikasjon, Arcus AS 2004).

Tabell 1. Sammensetning av øl, vin og mineralvann.

1.2.3 Effekt av mineralvann, øl og vin i resipient

Ettersom mineralvann, øl og vin er næringsmidler og ikke toksiske, vil skadelige effekter av utslippene være relatert til sekundære effekter av innholdsstoffene i resipienten. Den mest alvorlige sekundære effekten av dette utslippet kan være forbruk av oksygen i resipienten. Når biologisk lettomsattelige forbindelser som sukker og etanol havner i en resipient vil mikroorganismer utnytte disse forbindelsene som karbon- og energikilde og samtidig forbruke oksygen. Konsentrasjonen av oksygen i et vassdrag vil være avhengig av en rekke faktorer som for eksempel strømningsforhold, temperatur, dybde samt forbruket fra det biologiske livet og annen forurensning i vassdraget. Temperaturens innvirkning på metningskonsentrasjonen av oksygen er vist i **Tabell 2**.

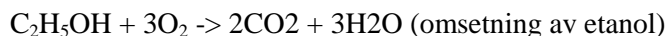
Temperatur, °C	Oksygenkonsentrasjon ved metning, mg/l
4	13,2
10	11,3
20	9,2

Tabell 2. Metningskonsentrasjonen for oksygen ved forskjellig temperatur.

1.2.4 Oksygenforbruk

Oksygenforbruk er den viktigste effekten av utslippet i elva og mengden oksygen som forbrukes kan beregnes ut fra forbindelsene i utslippet sine *teoretiske oksygenforbruksverdier* (TOF-verdier), *kjemiske oksygenforbruks verdier* (KOF-verdier) eller *biologisk oksygenforbruksverdier* (BOF-verdier).

TOF tilsvarer den mengde oksygen som er nødvendig for å konvertere en organisk forbindelse til karbondioksid, vann og ammonium. Dette innebærer en teoretisk beregning med bakgrunn i forbindelsens kjemiske sammensetning som, for eksempel, for etanol:



KOF bestemmes i laboratoriet ved å oksidere den gjeldende forbindelse til karbondioksid og vann under kraftige betingelser og deretter måle forbruket av oksidasjonsmiddelet. Dette forbruket korreleres så til oksygenforbruket. *KOF* bestemmes i laboratoriet ved standard kjemiske metoder.

BOF indikerer hvor mye oksygen som forbrukes av mikroorganismer når de bryter ned den gjeldende forbindelse. Denne verdien bestemmes for hver forbindelse under standardbetingelser i laboratoriet. Standardbetingelsene forutsetter en forsøksstemperatur på 20 °C, i mørke, med overskudd av næringsstoffer og 5, 7 eller 20-30 dagers reaksjonstid. Hastigheten på nedbrytningen kan også bestemmes. Nedbrytningshastigheten er dog avhengig av en rekke miljømessige parametere, for eksempel temperatur, konsentrasjon av næringsstoffer, konsentrasjon av inhibitorer mv.

Totalt organisk karbon (TOC) er et ofte brukt mål på mengde organisk bundet karbon i en forbindelse eller en prøve. TOC brukes ofte for å gi et mål på den organiske forurensningen i en resipient, for eksempel en elv.

Tabell 3 angir TOF, KOF, BOF og TOC-verdier for vinsyre, karbohydrat og etanol, hvilket er forbindelser som kan være tilstede i utslippet. TOF- og TOC-verdiene er beregnede verdier, mens KOF- og BOF-verdier er hentet fra litteraturen.

Forbindelse	vinsyre	karbohydrat (hexose)	etanol
Kjemisk formel	C ₄ H ₆ O ₆	C ₆ H ₁₂ O ₆	C ₂ H ₅ OH
TOF, gO ₂ /g	0,53	1,07	2,09
KOF, gO ₂ /g	0,52	1,05	1,9-2,04
BOF ₅₋₇ , gO ₂ /g	0,18/0,30/0,350		0,78/0,92/1,55
BOF ^{25°C} _{35dager} , gO ₂ /g		0,78	
BOF ₂₀ , gO ₂ /g	0,460		
TOC, g/g	0,32	0,4	0,52

Tabell 3. Teoretisk oksygenforbruk (TOF), kjemisk oksygenforbruk (KOF), biologisk oksygenforbruk (BOF) og totalt organisk karbon (TOC) for vinsyre, karbohydrat og etanol. De ulike KOF og BOF-verdiene angir ulike verdier funnet i litteraturen.

Utfra BOF-verdiene som er funnet i litteraturen og mengden av de aktuelle stoffene i øl, vin og mineralvann kan man beregne BOF-verdiene for næringsmidlene (se tabell 1 i vedlegg). Siden innholdet av de forskjellige stoffene varierer for de forskjellige produkter innen gruppene er det her beregnet både en minimumsverdi og en maksimumsverdi for BOF, TOF og TOC for øl, vin og mineralvann (**Tabell 4**).

	rødvinn		hvitvinn		øl		mineralvann	
	min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
TOF, g/l	153,1	240,2	170,7	268,4	99,0	207,9	5,4	128,4
TOC, g/l	39,2	64,3	51,4	80,5	27,3	57,1	2,0	48,0
BOF ₅ , g/l	57,5	174,2	62,3	185,0	41,0	146,5	3,0	72,0

Tabell 4. Beregnede minimums- og maksimumsverdier for BOF av vin, øl og mineralvann. Største og minste verdier er uthevet.

Tabell 4 viser at mengde BOF i utslippet varierer mellom 3,0 g/l (lettbrus; mineralvann minimumskonsentrasjon), 41 g/l (øl, minimumskonsentrasjon) og 185 g/l (hvitvinn, maksimumskonsentrasjon).

1.2.5 Utslippsmengder

Tabell 5 gir en oversikt over de årlige utslippsmengdene fra Miljøtransport, basert på antagelsene ovenfor, og beregninger av årlig BOD- og TOC-belastning på elva ved minimums- og maksimumskonsentrasjoner av BOD og TOC. Det reelle årlige utslippet vil være et sted mellom disse tallene.

År	Årlig utslipp av væske, tonn	BOD, tonn/år (hvis 41 g/l BOD)	BOD, tonn/år (hvis 184 g/l BOD)	TOC, tonn/år (hvis 27 g/l TOC)	TOC, tonn/år (hvis 81 g/l TOC)
2001	639	26	118,1	17	52
2002	392	16	72,6	11	32
2003	473	19	87,4	13	38
2004	867	36	160,3	23	70

Tabell 5. Årsutslipp av tonn væske og beregnet årsutslipp av BOD og TOC til Alna fra Miljøtransport AS.

Årsmengdebidrag til TOC-mengden i Alna fra de aktuelle utslippene er vist i **Tabell 6**. TOC bidraget til Alna fra Miljøtransport har variert noe over årene, men har i året med størst utslipp (2004) bidratt med mellom 12 og 37 % (forutsatt henholdsvis 27 og 81 g/l TOC) av TOC-mengden som strømmer via Alna ut i Oslofjorden (uten hensyn til selvrensningseffekten på strekningen). Disse tallene er inkludert i rapporten for å illustrere størrelsen på utslippene i forhold til Alnas "naturlige" innhold av organisk materiale.

År	Tonn TOC per år ut med Alna	%-andel ved minimumsverdi for TOC	%-andel ved maksimumsverdi for TOC
2001	358	5	14
2002	361	3	9
2003	224	6	17
2004*	192	12	37

Tabell 6. Tonn TOC ført ut med Alna i henhold til målinger av VAV, Oslo kommune og Miljøtransport's prosentandel av utslippet under ulike forutsetninger.

* T.o.m. 050804.

Prosedyren for behandling av emballasje inneholdende vin, øl og mineralvann og dermed varigheten av utslippet opplyses å ha vært varierende. På bakgrunn av opplysningene for varigheten av utslippene i denne vurderingen tok det normalt en arbeidsdag (8t) å slippe ut avløpsvannet.

1.3 Beregnet effekt av utslippet på oksygenforholdene i Alna

1.3.1 Fortynning og innblanding av utslipp

"Tracer"-forsøk ble brukt av Oslo kommune for å påvise utslippspunktet i Alna. Forsøket innebar å helle fargestoff i kummen hvor påslippet av næringsmidler har skjedd og deretter observere fargestoffene i Alna for å identifisere påslippspunktet. Forsøkene viser at det under visse forhold kan være svært dårlig innblanding av utslippet rett nedenfor utslippspunktet. Dette fremgår av **Figur 2**. I praksis vil dette kunne bety at under visse forhold kan en vesentlig del av utslippet fra Miljøtransport AS passere stasjon 2 uten å ha blitt blandet inn i den øvrige vannmassen. Innblandingsforholdene er svært avhengig av vannføringen i elven som kan være svært variabel. Hva dette betyr med hensyn til utslippets effekt på Alna er vanskelig å si, men forholdene avviker i forhold til de forutsetninger som er lagt til grunn for bruk av den teoretiske modellen QUAL2K. De biologiske prøvene er tatt som flere delprøver over tverrsnittet på stasjon 2.



Figur 2. Tracerforsøk for å se på innblanding mellom stasjon 1 og 2. Utslippet er synlig ved borte del av kulvertavløp (grønn farge) og er indikert med smal pil. Bred pil indikerer vannstrømmens retning.

Utslippstallene for væsken, BOF og TOC ved maksimums og minimumskonsentrasjoner på døgnbasis for 2002 – 2004 er å finne i tabell 3 i vedlegg. Tabellen viser også utslippet per time under forutsetning av at utslippet har foregått i en periode på en time ("worst-case") eller åtte timer.

1.3.2 Teoretisk effekt av utslippene

Oksygenkonsentrasjonen i en vannstrøm avhenger av vannets opprinnelige oksygeninnhold og hvor mye som tilføres og hvor mye som forbrukes av oksygen. Dette kan fremstilles matematisk som:

$$O = O_{\text{opp}} - dO/dt$$

O konsentrasjonen av løst oksygen

O_{opp} opprinnelig oksygenkonsentrasjon

dO/dt endring i oksygenkonsentrasjon over tid

Oksygen tilføres hovedsakelig via atmosfærisk gjenlufting og ved plantenes fotosyntese. Oksygen forbrukes hovedsakelig av biokjemisk oksidasjon av organisk materiale (karbon og nitrogen), organismenes oksygenforbruk (respirasjon). Endringen i oksygenkonsentrasjon i en vannstrøm kan beskrives matematisk (forenklet):

$$dO/dt = k_1(O^* - O) + a_1 \cdot A - a_2 \cdot A - k_2 \cdot C - k_3/D - a_3 \cdot N$$

O* metningskonsentrasjonen av løst oksygen ved en bestemt temperatur

O konsentrasjonen av løst oksygen

A konsentrasjonen av alger og andre vannplanter

C konsentrasjon av BOF (lett nedbrytbart organisk materiale)

D dybde

N1 ammonium og nitritkonsentrasjon

k1 gjenluftingshastighet

k2 BOD deoksygeneringshastighet

k3 sedimentets oksygenkonsumpsjonshastighet

a1 oksygenproduksjon - plante-algevekst

a2 oksygenkonsumpsjon - plante-algerespirasjonsrate

a3 nitrogenomsetningshastighet

Det gjeldende utslippet vil påvirke oksygenkonsentrasjonen i resipienten ved at de lettomsattelige forbindelsene i utslippet brytes ned biologisk og at oksygen forbrukes. Endring i oksygenkonsentrasjon basert på kun biokjemisk oksidasjon av organisk material kan forenkles fra ligningen ovenfor:

$$dO/dt = -k_2 \cdot C$$

Endringen i oksygenkonsentrasjonen er avhengig av k2 (BOF deoksygeneringshastighet) og C (konsentrasjonen av forbindelser i vannet representert ved deres BOF). Verdier for k2 (BOF deoksygeneringshastighet) er vanligvis i området 0,02 – 3,4 dag⁻¹ (EPA, 2005), men vil typisk være i området 0,1 til 0,5 dag⁻¹ (Iowa Department of Natural Resources, 2005).

Konsentrasjonen av forbindelser i vannet som gir et oksygenforbruk kan beregnes fra utslippets størrelse og kvalitet, samt mengden vann i resipienten. Perioder med høye utslipp og lav vannføring vil føre til høyest konsentrasjon av oksygenforbrukende forbindelser i resipienten.

To perioder med forholdsvis stort utslipp og liten vannføring er 9.-17. februar 2004 og 20.-22. august 2002 (**Tabell 7**). Den ene av disse periodene er på vinteren med lave temperaturer og den andre er på høsten med høyere temperaturer. Utslippene på disse utvalgte dagene kan ha ført til en økning i BOD konsentrasjonen i Alna i området fra 2,35 til 5,45 g/l dersom varigheten var begrenset til 1 time eller i området fra 0,3 til 0,7 g/l dersom varigheten var 8 timer (**Tabell 8**). På bakgrunn av ligningen ovenfor og ved forskjellige k2-verdier kan påvirkningen på oksygenkonsentrasjonen i Alna fra et slikt utslipp beregnes rent teoretisk (**Tabell 9**).

Dato	Utslipp (tonn)	Vannføring i elva, ukemiddel (l/s).	utslipp i forhold til vannføring
10.2.2004	76,8	705	0,108
11.2.2004	73,93	705	0,104
12.2.2004	63,88	705	0,090
13.2.2004	56,73	705	0,080
28.8.2003	35,31	550	0,064
17.2.2004	38,38	627	0,061
26.8.2003	28,51	550	0,051
20.8.2002	33,44	692	0,048
22.8.2002	32,49	692	0,046
16.2.2004	32,79	705	0,046
18.12.2002	26,53	610	0,043

Tabell 7. De 10 dagene med høyest utslipp i forhold til vannføring. Vannføringsdata er fra Oslo kommune, VAVs målestasjon ved innløp til kulvert som leder elva til Oslofjorden.

Dato	Antatt utslippsvarighet, time	Antatt BOD konsentrasjon i utslippet, g/l	Utslipp, l/s	økning i BOD konsentrasjon i elva, g/l
10.2.2004	1	41	21,4	1,21
		185	21,4	5,45
	8	41	2,7	0,15
		185	2,7	0,70
22.8.2002	1	41	8,9	0,52
		185	8,9	2,35
	8	41	1,1	0,07
		185	1,1	0,30

Tabell 8. Beregnet økning av BOD konsentrasjonen i Alna etter innblanding av utslipp 10.2.2004 og 22.8.2002 hvor vannføringen i Alna henholdsvis var 705 l/s og 692 l/s.

BOD konsentrasjon, g/l	k ₂ -verdier, dag ⁻¹	Hastighet for forbruk av oksygen for omsetning av BOD fra utslippet, dO/dt	
		mg O ₂ /l/min	mg O ₂ /l/time
5,45	0,1	0,4	22,7
	0,5	1,9	113,5
2,35	0,1	0,2	9,8
	0,5	0,8	48,9

Tabell 9. Forbrukshastighet for oksygen for omsetning av forbruk av oksygen kning av BOD fra utslippet konsentrasjonen i Alna etter innblanding av utslipp 10.2.2004 og 22.8.2002 hvor vannføringen i Alna henholdsvis var 705 l/s og 692 l/s.

Beregningene som her er utført viser hvordan utslippene under en situasjon som kan betegnes som ”verste-tilfelle” har påvirket oksygenforholdene i Alna. Effekten er oksygenforbruk fra 0,2 til 1,9 mg oksygen som biokjemisk har blitt forbrukt per liter og minutt for å bryte ned de organiske forbindelsene i utslippet. Beregningene forutsetter god innblanding av utslippet i Alnas vannmasser.

1.3.3 Simulert effekt av utslippene ved bruk av vannkvalitetsmodell (QUAL2K)

For å få et bilde av eventuelle effekter av utslippet til Alna valgte vi å anvende en vannkvalitetsmodell for oksygenforbruk, QUAL2K, utarbeidet av US EPA. Modellen er en en-dimensjonal vannkvalitetsmodell for elver som tar utgangspunkt i hydraulisk stabile forhold ("steady state hydraulics") og god innblanding av utslippet i vannmassene. Modellens begrensninger medfører at beregningene gir et bilde av utslippene fra Miljøtransport AS som "verste-tilfelle" scenarier. Utslippene til Alna har variert. Det har vært støtvis utslipp med varighet noen timer enkelte dager og med lengre mellomrom uten noe utslipp, og det har vært mer stabile utslipp som har hatt en varighet over en lengre periode på flere dager. Den mest alvorlige effekten oppstår i perioder med store utslipp over kort tid med lav vannføring og høy vanntemperatur.

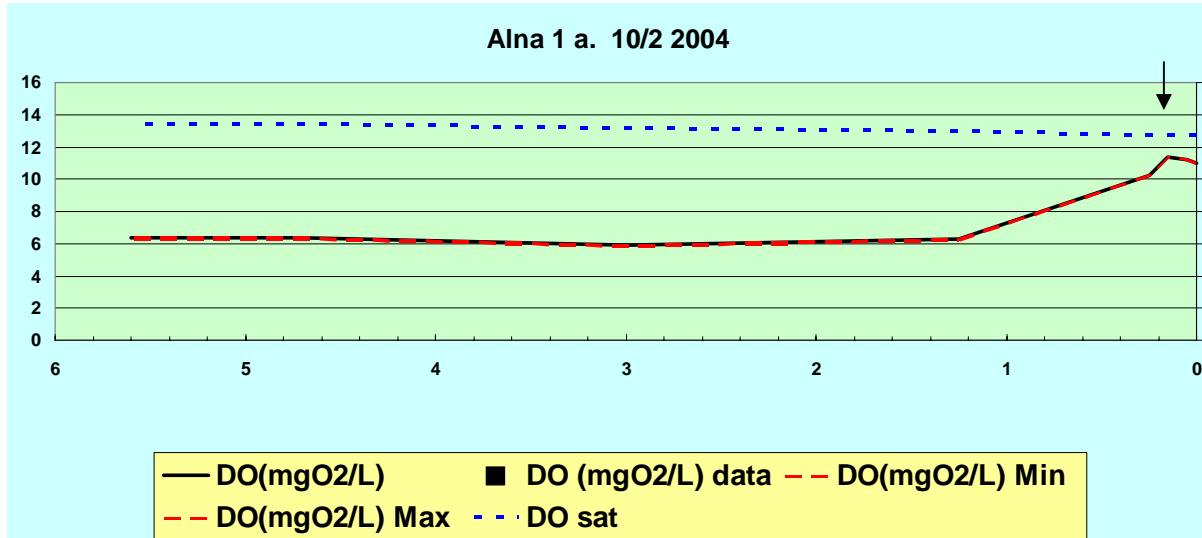
Vi har her brukt modellen ved 2 datoer hvor det har vært stor påvirkning på grunn av utslipp fra Miljøtransport AS for å beskrive den effekten disse har hatt på oksygenforholdene i Alna. Datoene er valgt på bakgrunn av utslippenes påvirkning (dvs. forholdsvis lav vannføring og høye utslippstall (se **Tabell 7** ovenfor). To slike perioder med forholdsvis stort utslipp og liten vannføring er perioden 9-17. februar 2004 og 20-22. august 2002. Den ene av disse periodene er på vinteren med lave temperaturer og den andre er på høsten med høyere temperaturer. For selve simuleringen ble datoene 10. februar 2004 (simulering 1) og den 22. august 2002 (simulering 2) valgt. Utgangsparemetrene (vannføring, temperatur, utslippsdata) for modellen ved de forskjellige simuleringer er variert i henhold til tabell 4 i vedlegget. Øvrige modellparametere er vist i vedlegg (tabell 5 i vedlegg). Aktuelle utgangsparemetere for simuleringene er estimert fra verdier i rapporten "Vannkvalitetstilstand i Alna – fra marka til fjorden (Vann- og avløpsetaten, Miljøtilsyn, oktober 2000).

2 simuleringer, a og b, ble gjennomført for hver dato. De viktigste parametere som endres mellom simuleringene a og b er utslippsperioden og innhold av BOD i utslippet. Simulering a er utført med en utslippsperiode på 8 timer og en BOD konsentrasjon på 41 g/l. Simulering b er utført med en utslippsperiode på 1 time og en BOD konsentrasjon på 185 g/l. Resultatene av simuleringene med hensyn på oksygenkonsentrasjonen i vannmassene er vist i Figurer 3-6.

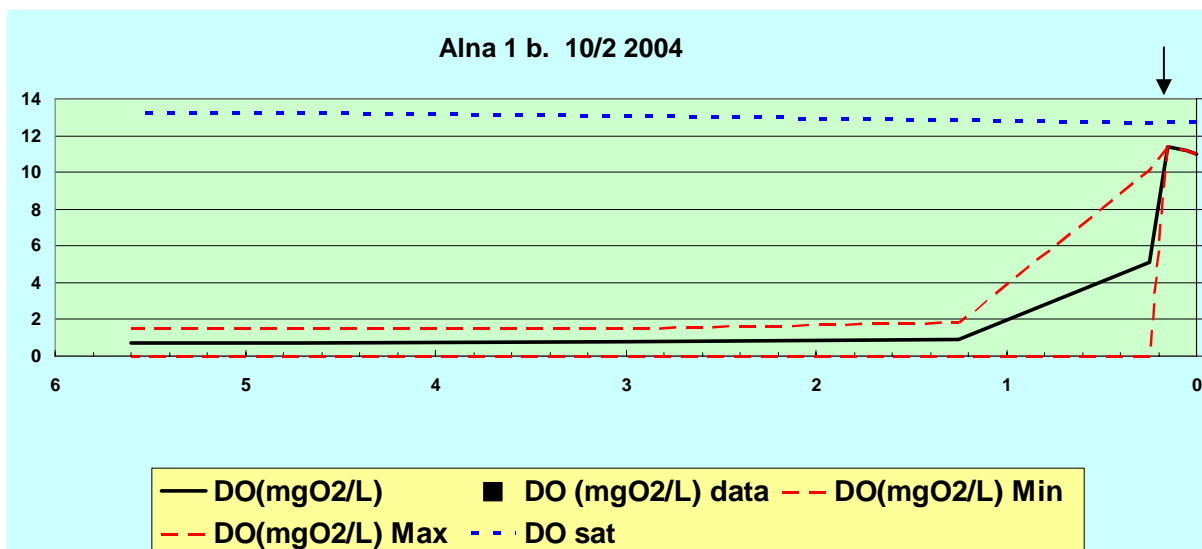
Alna-vassdraget ble oppdelt i segmenter i henhold til **Tabell 10** for simuleringen.

Segment 1	Oppstrømsstasjon	-100 til -99 m	100 meter ovenfor til 1 meter ovenfor utslippspunkt
Segment 2	Utslippspunkt	-1 til 1 m	1 meter ovenfor utslippspunkt til 1 meter nedenfor
Segment 3	Nedstrøms	1 til 100 m	1 meter nedenfor til 100 meter nedenfor
Segment 4	Nedstrøms til Bryn	100 m til 2 km	1,9 km fra utslipp til bryn, rolig
Segment 5	Bryn til kulvert	2 til 3,6 km	1,6 km bryn til kulvert, stryk
Segment 6	kulvert til utløp	3,6 til 5,6 km	2,0 km til utløp går i kulvert

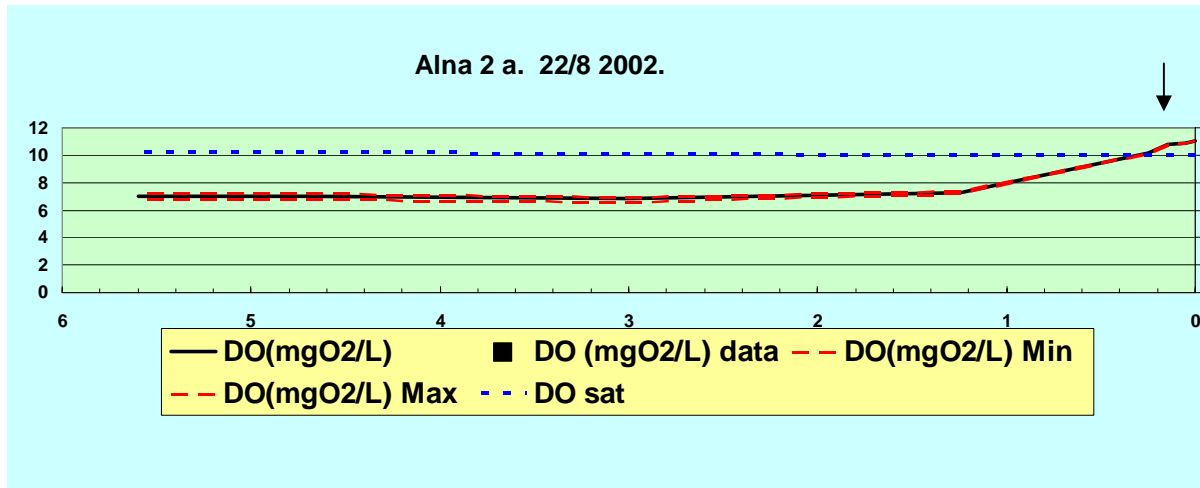
Tabell 10. Oppdeling av Alna i simuleringsssegmenter i forhold til utslippspunkt estimert etter NVE atlas (<http://atlas.nve.no/>).



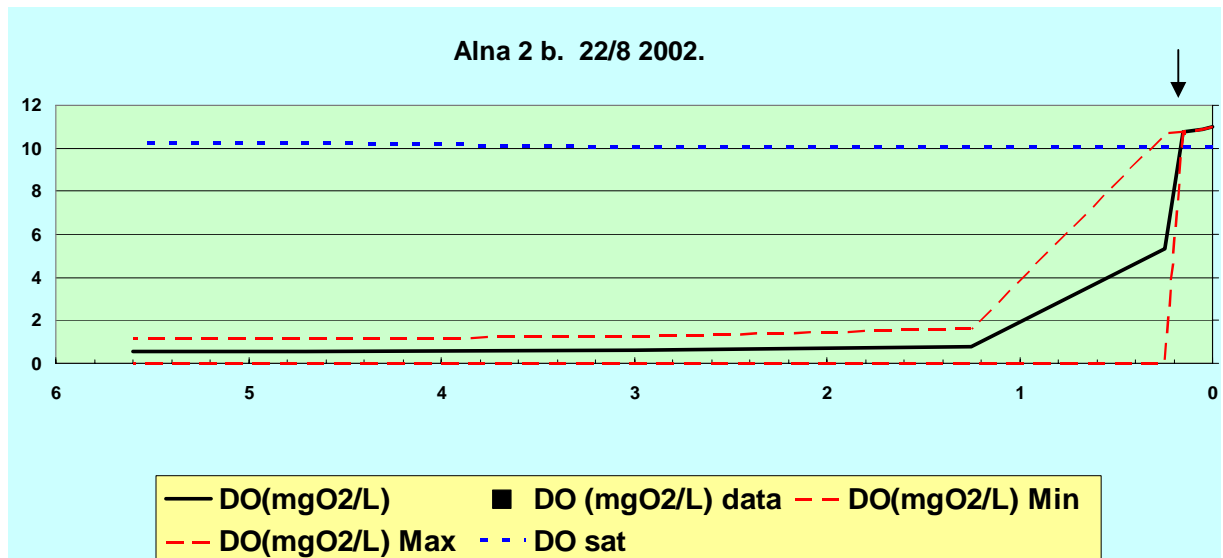
Figur 3. Figuren illustrerer simulert oksygenkonsentrasjon i Alna for utslippet den 10. februar 2004. X-aksen viser ulike avstander i kilometer nedstrøms utslippet i Alna-vassdraget. Utslippet er i punkt 0,1 km. Utslippet besto av 76,8 tonn med BOF-konsentrasjon på 41 g/l og med en utslippstid på 8 timer. Vannføringen i elva var da 705 l/s (ukesgjennomsnitt). Kurver og punkter på figuren er: Svart linje = Løst oksygen, DO, mgO₂/l etter utslippet. Blå prikket linje = vannets naturlige metningskonsentrasjon med hensyn til oksygen. Røde prikkete linjer = estimert maks.- og minimumskonsentrasjon av oksygen etter utslippet, disse er her sammenfaller med DO.



Figur 4. Figuren illustrerer simulert oksygenkonsentrasjon i Alna for utslippet den 10. februar 2004. X-aksen viser ulike avstander i kilometer nedstrøms utslippet i Alna-vassdraget. Utslippet er i punkt 0,1 km. Utslippet besto av 76,8 tonn med en BOF-konsentrasjon på 185 g/l og utslippstiden var 1 time. Vannføringen i elva var da 705 l/s (ukesgjennomsnitt). Kurver og punkter på figuren er: Svart linje = Løst oksygen, DO, mgO₂/l etter utslippet. Blå prikket linje = vannets naturlige metningskonsentrasjonen med hensyn til oksygen. Røde prikkete linjer = estimert maks.- og minimumskonsentrasjon av oksygen etter utslippet.



Figur 5. Figuren illustrerer simulert oksygenkonsentrasjon i Alna for utslippet den 22. august 2002. X-aksen viser ulike avstander i kilometer nedstrøms utslippet i Alna-vassdraget. Utslippet er i punkt 0,1 km. Utslippet besto av 32,5 tonn med BOF-konsentrasjon på 41 g/l og utslippstiden var 8 timer. Vannføringen i elva var da 692 l/s (ukesgjennomsnitt). Kurver og punkter på figuren er: Svart linje = Løst oksygen, DO, mgO₂/l etter utslippet. Blå prikket linje = vannets naturlige metningskonsentrasjonen med hensyn til oksygen. Røde prikkete linjer = estimert maks.- og minimumskonsentrasjon av oksygen etter utslippet.



Figur 6. Figuren illustrerer simulert oksygenkonsentrasjon i Alna for utslippet den 22. august 2002. X-aksen viser ulike avstander i kilometer nedstrøms utslippet i Alna-vassdraget. Utslippet er i punkt 0,1 km. Utslippet besto av 32,5 tonn med BOF-konsentrasjon på 185 g/l og utslippstiden var 1 time. Vannføringen i elva var da 692 l/s (ukesgjennomsnitt). Kurver og punkter på figuren er: Svart linje = Løst oksygen, DO, mgO₂/l etter utslippet. Blå prikket linje = vannets naturlige metningskonsentrasjonen med hensyn til oksygen. Røde prikkete linjer = estimert maks.- og minimumskonsentrasjon av oksygen etter utslippet.

1.3.4 Simulering av oksygenforbruk

Vurderingen av miljøbelastningen fra utslippet er basert blant annet på en sammenlikning av bunndyrsamfunnets sammensetning på stasjon 1 og 2. Derfor var det av betydning å bestemme hvor i Alna en eventuell oksygensvikt ville finne sted.

Dette ble gjort ved å blande vann fra Alna med økende konsentrasjoner av en utslippsvæske (rødvin) og måle oksygenforløpet ettersom mikroorganismer i vannet fra Alna bryter ned de organiske forbindelsene i utslippet. Resultatene er vist i figurene og tabellene nedenfor. De samme forurensningskonsentrasjonene som ble benyttet i modellsimuleringen ble også anvendt i oksygenforbruksforsøkene:

- 1) 76,8 tonn/time
 - 2) 76,8 tonn/8 timer = 9,6 tonn/time
- Vannføring i Alna: 705 l/s = 2538 m³/time.

- 1) 76,8 tonn pr. time/2538 m³ pr. time * 100 % = 3,03 % innblanding av vin.
- 2) 9,6 tonn pr. time/2538 m³ pr. time * 100 % = 0,38 % innblanding av vin.

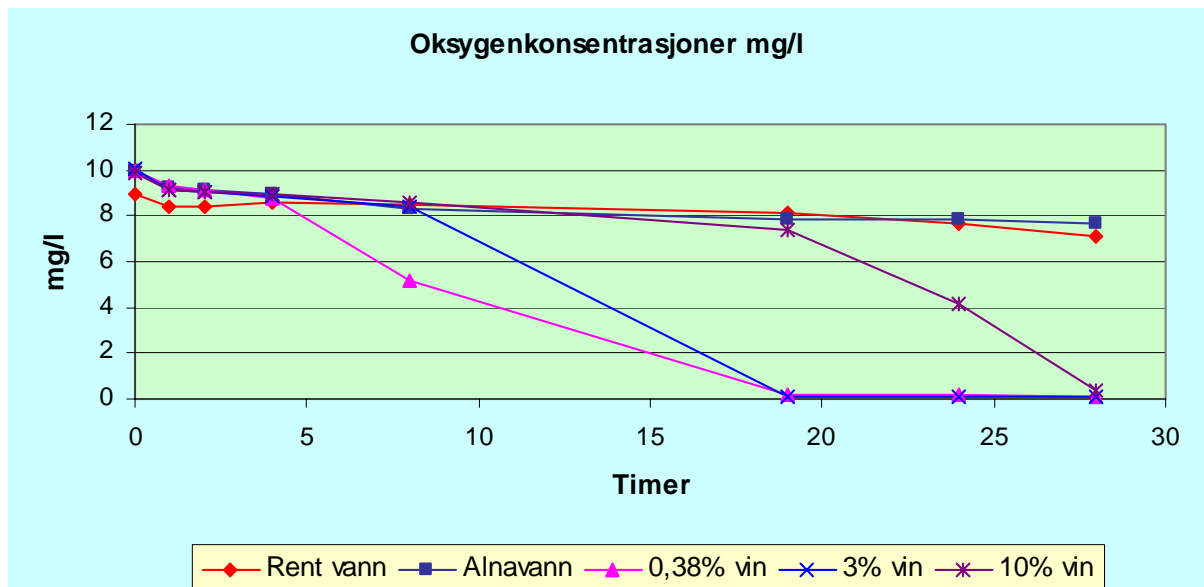
Eksempelvis vil en vannhastighet i Alna lik 0,37 m/s (målt 04.07.05) bevege vannmassene 1,14 km på en time, estimert fra måling mellom stasjon 1 og stasjon 2.

Figur 7 viser et av forsøkene som ble gjennomført (forsøk gjennomført under kontinuerlig omrøring, oksygen målt med O₂-elektrode med temperaturmåler). I forsøkene ble det benyttet vann fra Alna (oppstrøms kulvert) tilsatt økende nivåer av rødvin. Rent vann ble brukt som kontroll.



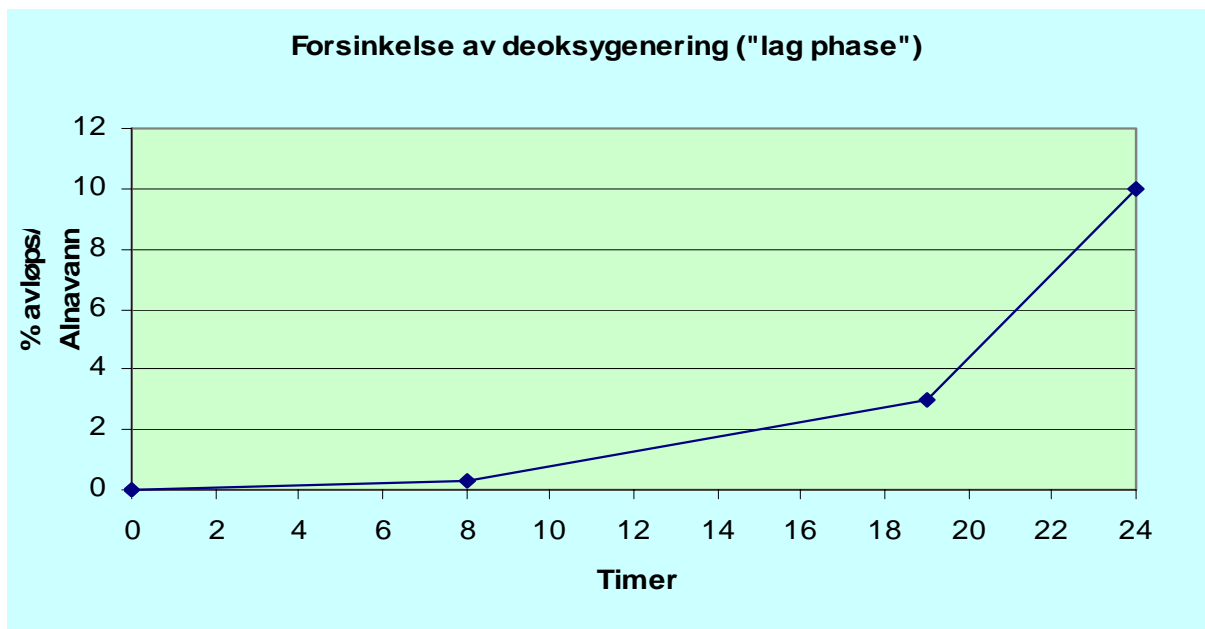
Figur 7. Oppsett av deoksygeneringsforsøk 04.07.2005

Resultatene fra forsøkene den 04.07.05 er vist i **Figur 8** og tabell 6 i vedlegg.



Figur 8. Forløp av deoksygenering av vann fra Alna ved tilsetning av økende konsentrasjoner av vin (04.07.2005)

Resultatene viser at det ved utslipp av en av komponentene i utslippet (rødvin) til Alna er det en forsinkelse av deoksygeneringsforløpet. Dette tar modellen kun delvis hensyn til og at forsinkelsen ("lag phase" i timer) kan øke med økende prosentandel rødvin sluppet ut fra Miljøtransport AS. Dette er vist i **Figur 8**. Årsaken til dette ligger antageligvis i en markant reduksjon av pH i test beholderen ved høyere prosentvis innblanding av rødvin. Det skal bemerkes at de fleste organiske forbindelsene i vin er tyngre nedbrytbare enn for eksempel sukker i mineralvann og innebærer således en fordrøyning av oksygenforbruket. Vin kan i tillegg inneholde forbindelser som kan være inhibitorer for mikroorganismer, dvs. mikroorganismenes oksygenomsetning hemmes av forbindelsene i vin. Mikroorganismene vil da måtte bruke tid på å tilpasse seg konsentrasjonen av inhibitorer i vannet før oksygenomsetningen starter. Dette medfører en forsinkelsesfase. I tillegg kan oksygenomsetningshastigheten for mikroorganismene være lavere enn i tilfeller uten inhibitorer tilstede.



Figur 9. Forsinkelse av deoksygenering ("lag-phase") av Alnavann i forhold til konsentrasjon av innblandet rødvin

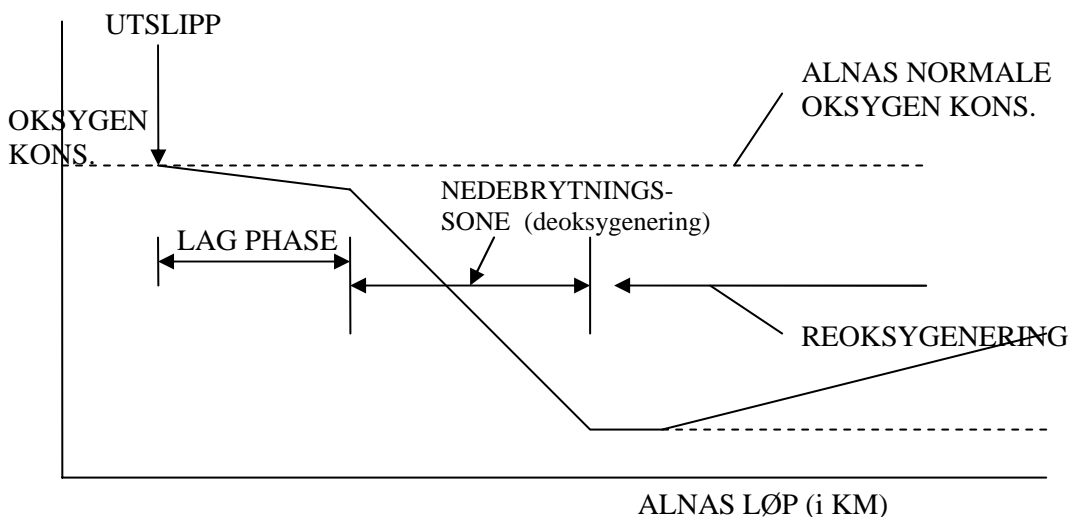
1.3.5 Kommentarer til resultatene

Resultatene fra bruk av vannkvalitetsmodellen QUAL2K må benyttes med forsiktighet da det ikke er gjennomført en utførlig kalibrering av modellen på basis av målinger fra Alna, samt modellens begrensninger. Resultatene gir imidlertid et inntrykk av hvordan utslippet har kunnet påvirke oksygenforholdene i elva under en "worst-case" situasjon. Resultatene viser at effekten av utslippet er svært avhengig av hvilken væske og væskemengde som har kommet ut i elva, samt varigheten av utslippet. Disse dataene har dessverre vært svært ufullstendige. Beregningene er utført for å illustrere "worst-case" tilfeller med hensyn på utslippets sammensetning og tidsforløp. Modellen antyder, som de teoretiske beregninger, at utslippet i "worst-case" scenariet kan ha medført til dels betydelig oksygenreduksjon i elvevannet, dog tar modellen ikke hensyn til forsinkingen av nedbrytningen.

Oksygenforholdene i Alna etter utslipp er illustrert i **Figur 10**. Etter utslippspunktet vil det være en "lag-phase", det vil si, en forsinkelse før mikroorganismene starter nedbrytning av utslippet og

forbruker oksygenet i vannet. Lengden på denne forsinkelsen vil påvirkes av en rekke faktorer som; avløpsvannets mengde og sammensetning (forurensningskomponentenes nedbrytbarhet), vannføring i Alna, vanntemperatur i Alna, toksiske effekter av andre utslipp til Alna, og innblandingsforhold av Miljøtransport utslipp i Alna, samt tilstedeværelse av mikroorganismer og type mikroorganismer. Forsinkelsesfasen vil forsinke starten av nedbrytningen og intensiteten i tid og således også rom.

For å undersøke forsinkingsfasen ble det gjennomført forsøk ved Miljøtransport lokalitet på Alnabru og COWI's vannlaboratorium i Fredrikstad. Målet var å bestemme forsinkelsesperioden ("lag phase", se **Figur 9**), og nedbrytningshastighet som funksjon av forurensningskonsentrasjon (prosent avløp/Alnavann). I forsøket ble det først anvendt blanding fra lagertank hos Miljøtransport (resultater ikke vist), deretter ble forsøkene gjentatt med rødvin som eksempel på utslippet. Rødvin kan inneholde forholdsvis tungt nedbrytbare og inhibitoriske forbindelser i tillegg til etanol som er en raskt nedbrytbar forbindelse og vil således vise et deoksygeneringsforløp som kan være svært langsom i forhold til for eksempel mineralvann med høyt sukkerinnhold. En av de forutsetningene man gjør ved bruk av modellen (QUAL2K) for å simulere oksygenforbruk, er at de organismer som vil kunne bryte ned de organiske forbindelsene i avløpet (målt som BOF) er tilstede i store nok konsentrasjoner til å sette i gang nedbrytningsprosessen umiddelbart ved utslippspunktet. Alna er påvirket av kloakkutslipp og vil således ha innhold av mikroorganismer som er tilpasset nedbrytning av forbindelser som for eksempel sukker og etanol, men ikke nødvendigvis alle bestanddeler i rødvin. Det vil si at en "lag-phase" vil være vesentlig kortere for enkelte utslipp enn for for eksempel rødvin. Ved intermittert utslippsforløp slik som tilfellet for Miljøtransport AS vil dog en forsinkelse kunne skje, hvilket ikke gjenspeiles fullstendig i modellen. Den praktiske konsekvensen av en forsinket deoksygenering vil være at avløpsvannet har beveget seg nedover eller ut av vassdraget før deoksygeneringsprosessen settes i gang eller når kritiske nivåer. Avhengig av vannhastighet, mengde og temperatur i elven kan store deler av oksygenforbruket mest trolig skje i havneområdet. En reduksjon av oksygeninnholdet i havnebassenget på grunn av utslippet vil neppe være målbart.



Figur 10. Illustrasjon av oksygenforhold i Alna ved utslipp av nedbrytbare forbindelser.

1.4 Vannkvalitet oppstrøms og nedstrøms utslippspunktet, nye undersøkelser 2005

8. februar 2005, dvs. etter at utslippene fra Miljøtransport AS opphørte, ble det etter ønske fra oppdragsgiver tatt prøver fra Alna for bestemmelse av enkelte vannkvalitets parametere (organisk materiale og næringssalter). Prøvene ble tatt ved de samme stasjonene som ble brukt året før ved biologisk prøvetaking; oppstrøms (stasjon 1) og nedstrøms (stasjon 2) utslippspunktet.

Resultatene fra målingene tatt etter at utslippet har opphørt viser at vannkvaliteten med hensyn på total fosfor, total nitrogen, kjemisk oksygenforbruk og tarmbakterier er i tilstandsklassen ”Meget dårlig” i henhold til SFTs klassifiseringssystem (SFT, 1997) både ved stasjon 1 og 2. Med hensyn på total organisk karbon havner begge punktene i tilstandsklassen ”Mindre god” (**Tabell 11**). Analysene tyder på at forholdsvis store mengder av enkelte forbindelser tilføres Alna mellom prøvepunktene. Nedstrøms utslippspunktet synes konsentrasjonen av typiske tarmbakterier (hvilket indikerer påslipp av kloakk) noe høyere (15 %) enn på st. 1 oppstrøms utslippspunktet (**Tabell 12**), men analysene er beheftet med usikkerhet. Vannmengdene som tilføres Alna i dette området er forholdsvis små i forhold til vannmengden i hovedvassdraget. For å få økningen på stasjon 2 i Alna må det være relativt høye konsentrasjoner av de målte forbindelsene i vannet som renner ut i elva mellom prøvepunktene. Disse utslippene vil sannsynligvis ha en negativ påvirkningen på oksygenforholdene i vassdraget nedstrøms utslippspunktet (stasjon 2). Undersøkelsene den 8. februar antyder at det mellom stasjon 1 og 2 er tilførsler av forurensinger til Alna. Disse kommer da i tillegg til forurensinger som tilføres vassdraget oppstrøms st. 1.

	Total fosfor, Tot- P/L, µg/l P	Total nitrogen, Tot-N/L, µg/l N	Total organisk karbon, TOC, mg/l C	Kjemisk oksygenforbruk, COD/Cr, mg O/l	Oppløst kjemisk oksygenforbruk, COD/Cr, f, mg O/l
stasjon 1 oppstrøms	112	1855	4,8	16	<15
stasjon 2 nedstrøms	151	1790	5,6	20	<15
Prosentvis forskjell	35	- 4	17	25	-

Tabell 11. Vannkvalitet i Alna oppstrøms og nedstrøms utslippspunktet fra Miljøtransport AS. Resultater fra vannprøver tatt den 8. februar 2005. Næringssalter og organisk innhold.

	Antall koliforme bakterier per 100 ml		Antall termotolerante koliforme bakterier per 100 ml		Antall heterotrofe bakterier per ml	
	Antall	95 % konfidens- intervall	Antall	95 % konfidens- intervall	Antall	95 % konfidens- intervall
stasjon 1 oppstrøms	136 000	107000 - 173000	16500	14100 - 19300	36000	25800- 50200
stasjon 2 nedstrøms	156 000	124000 - 196000	18800	16300 - 21800	37000	26700- 51300
Prosentvis forskjell	15		14		3	

Tabell 12. Vannkvalitet i Alna oppstrøms og nedstrøms utslippspunktet fra Miljøtransport AS. Resultater fra vannprøver tatt den 8. februar 2005. Bakteriologiske parametere.

2. Biologiske undersøkelser

2.1 Materiale og metoder

Store nedbørmengder og høy vannstand i Alna høsten 2004 gjorde det først mulig for NIVA å gjennomføre feltarbeidet i uke 40. Det ble da foretatt undersøkelser av de biologiske forhold i Alna på to stasjoner. Hensikten var å få samlet inn et materiale om de biologiske forholdene i vassdraget som kunne beskrive størrelsen og utstrekningen av eventuelle effekter knyttet til de omtalte utslippene fra Miljøtransport AS. Det ble den 1. oktober 2004 hentet inn prøver fra en stasjon oppstrøms og fra en stasjon nedstrøms utslippspunktet.

2.1.1 Stasjonsbeskrivelse

Stasjon 1 ble plassert ca. 60 m oppstrøms kulvertåpningen der Alna krysser E6. Stasjonen fungerer som en referanse-stasjon i denne undersøkelsen. Bunnsubstratet består her av sand, noe grus og mellomstor stein med til dels noe stor stein langs land. Vannet hadde en jevn og til dels sterk strøm. Det var vanskelig å se bunnen på grunn av et relativt høyt innhold av leirpartikler i vannet. Stasjonen hadde brukbare prøvetakingsforhold for bunndyr. Prøven ble samlet på dyp fra 0,2 til 1 m. Den dårlige sikten i vannet ga for dårlige observasjonsforhold for elektrofiske.

Stasjon 2 ligger ca. 75 - 100 meter nedstrøms nedre åpning av kulvert der Alna krysser E6 og oppstrøms innløpet av Trosterudbekken. Substratet på elvebunnen består av mudder/leire og sand med enkelte steiner. Langs denne delen av Alna var det en tett trevegetasjon der enkelte trær hadde falt ut i vassdraget ellers var det en del bygningsavfall og søppel i elven. Vannkvaliteten var som på stasjon 1 preget av et stort partikkelinnhold, og hadde en tydelig og karakteristisk lukt av kloakk. Vannet hadde en jevn og noe roligere strøm enn på referansestasjonen. Stasjonen hadde brukbare prøvetakingsforhold for bunndyr. Prøven ble samlet på dyp fra 0,4 til 1,2 m. Den dårlige sikten i vannet ga også her for dårlige observasjonsforhold for at et fiske ved hjelp av elektrisk fiskeapparat kunne gjennomføres.

2.1.2 Metode

Undersøkelser av bunndyr

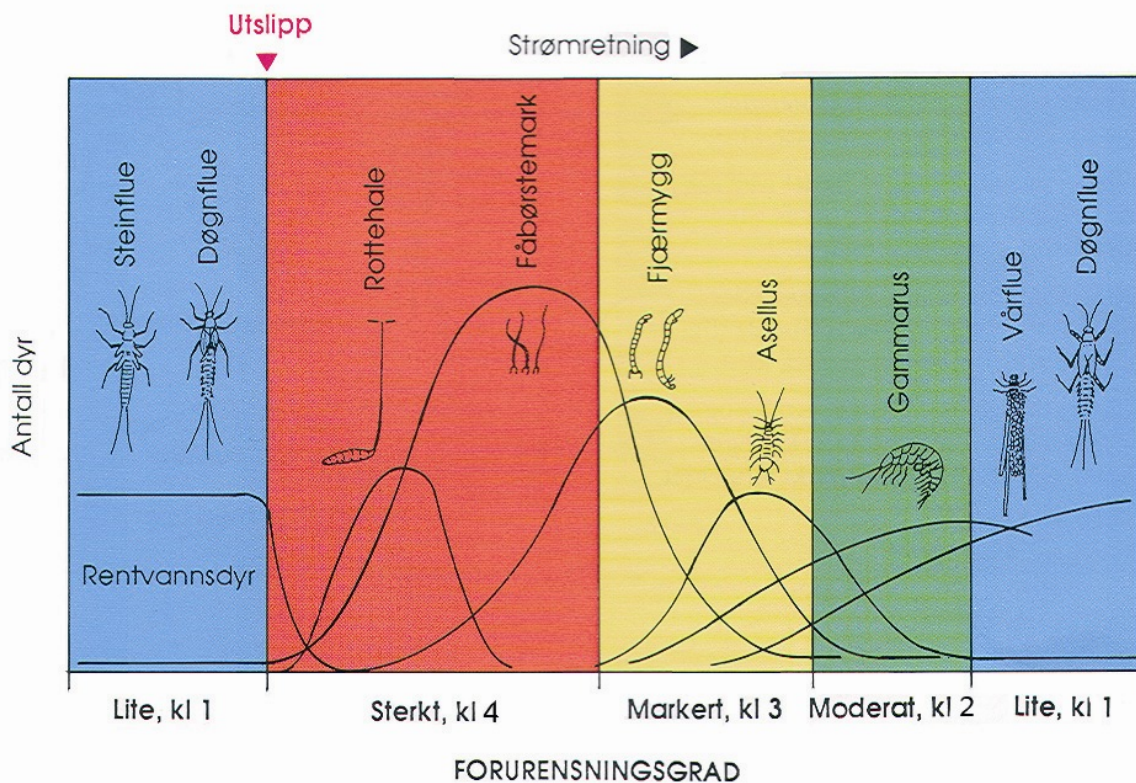
Det ble hentet inn et materiale fra bunndyr samfunnene ved de to målestasjonene for å avdekke størrelsen og utstrekningen av eventuelle miljøpåvirkninger i resipienten. En kvalitativ prøvetaking ble gjennomført i samsvar med Norsk Standard NS 4719 for prøvetaking av bunndyrsamfunn i rennende vann. Det ble benyttet en standard elvehåv med maskestørrelse 0,25 mm. På hver stasjon ble det hentet inn en prøve som beskrev samfunnet av bunndyr på stasjonen. Prøvetiden var 3 x 1 minutt. Materialet er så sortert og bearbeidet på NIVA og hovedgruppene i bunnfaunaen er talt opp og de tre gruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer er bestemt til art.

Undersøkelser av fisk

Alna har en vannkvalitet preget av grått vann i perioder med økende og høy vannføring. Dette skyldes et stort innhold av uorganisk partikulært materiale som f.eks leirminerale. Store nedbørmengder høsten 2004 ga nettopp slike forhold med en høy turbiditet og for dårlige observasjonsforhold til at fiskeundersøkelsene kunne gjennomføres. Slike undersøkelser vil en kunne foreta ved et senere tidspunkt, men på grunn av fiskens store mulighet til å vandre opp og ned i dette vassdragsavsnittet vil en slik undersøkelse miste noe av sin informasjons-verdi når det går for lang tid etter et utlipp. På bakgrunn av tidligere rapporter er det også tvilsomt om det er noe særlig fisk som oppholder seg på dette avsnittet av Alna.

2.2 Resultater: Resipientundersøkelser i Alna 2004.

Bunndyr har i lang tid vært anvendt til å vurdere vannkvalitet og forurensningstilstand i vassdrag (Aanes og Bækken 1989). Samtidig som denne dyregruppen er et viktig næringsgrunnlag for fisken og mye av den fuglefaunaen vi finner langs vassdragene våre. De fleste bunndyrarter er ganske stasjonære og har en lang livssyklus, ofte ett år, og vil således gjenspeile miljøpåvirkning under en lengre tidsperiode. Ved økt organisk belastning vil samfunnet av bunndyr skifte karakter. Rentvannsartene vil forsvinne og erstattes av organismer som kan utnytte det organiske materialet samtidig som de kan leve ved lave konsentrasjoner av oksygen. Ofte får vi et samfunn med en lav diversitet dominert av en eller noen få grupper ofte med meget stor tetthet (**Figur 11**).



Figur 11. Figuren viser hvordan sammensetningen i bunndyrfaunaen i et vassdrag endres når den utsettes for en kraftig forurensing med organisk materiale fra et utslippspunkt.

Ytre påvirkninger, som for eksempel store tilførsler av lett nedbrytbart organisk materiale vil kunne endre bunndyr samfunnenes funksjonelle og strukturelle oppbygning og derved påvirke næringsgrunnlaget for fugl og fisk. Samtidig vil vassdragets resipientkapasitet (evnen til å motta og håndtere forurensinger - selvrensing) bli påvirket. Dette fører så igjen til at den evnen lokaliteten har til selv å ta hånd om andre/nye forurensingsutslipp bestående av næringssalter og organisk materiale reduseres. Informasjon om dette får vi ved å studere forhold som tilstedeværelse/fravær og relativ tetthet av sentrale grupper og arter (indikatorer) i samfunnet av bunndyr på prøvetakings- lokalitetene.

Undersøkelsene som her er utført i Alna under feltarbeidet den 1. oktober og videre bearbeidelse og vurdering vil kunne kartlegge eventuelle biologiske effekter av utslippene som kommer til vassdraget mellom prøvepunktene. Dette er gjort ved å sammenligne de lokale samfunnene av bunndyr oppstrøms og nedstrøms utslippspunktet fra Miljøtransport. Resultatene fra bearbeidelsen av materialet som er samlet inn i forbindelse med denne undersøkelsen er også sammenlignet med tidligere undersøkelser i

dette vassdraget gjennomført av Oslo kommune. (Oslo kommune 2000, 2004 og Oslo kommune – LFI 2001).

2.2.1 Resultater fra tidligere undersøkelser

Det er tidligere tatt prøver av bunnfaunaen og fiskesamfunnene i det avsnittet av Alna hvor vi har våre stasjoner. Dataene fra stasjonen ALN4B i den tidligere undersøkelsen, er lokalisert til området nedstrøms kulverten under E 6, og sammenfaller i stor grad med vår stasjon nr 2. Det ble her i 1999 gjennomført en tilsvarende undersøkelse den 15. september som er rapportert i rapporten ”Bunndyr og fisk i Alna – forurensinger og vurdering av kritiske strekninger” (Oslo kommune-LFI, 2001).

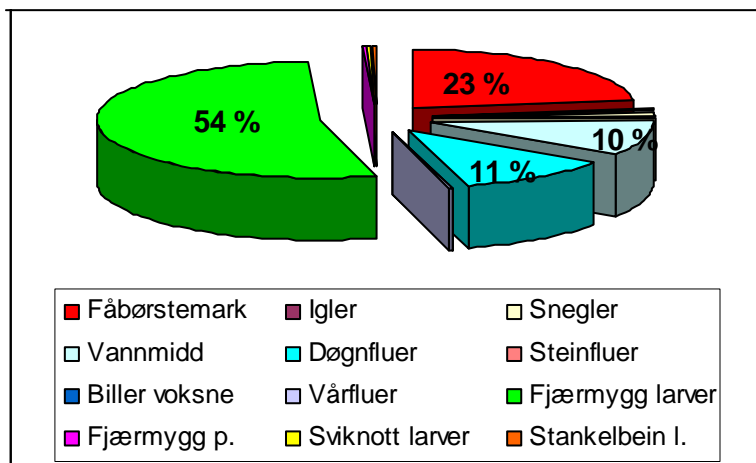
Bunnfaunaen var den gang sammensatt av bare 3 dyregrupper nemlig fåbørstemark, fjærmygg og snegl. Dette er grafisk fremstilt i **Figur 14**, og bunnfaunaen var da helt dominert av fåbørstemark. Denne gruppen stod for hele 96 % av individene i materialet. Sammensetningen av bunnfaunaen indikerer ved undersøkelsen i 1999 et sterkt forurenset område (Klasse 4 i **Figur 11**) og årsaken til dette var til stor del organisk påvirkning. Det ble ellers kommentert at vannet var blakket og at det var en svak lukt av kloakk.

2.2.2 Resultater fra undersøkelsene i 2004

Stasjon 1.

Resultatene fra bearbeidelsen av prøvene som ble hentet inn den 1. oktober på stasjonen oppstrøms utslippet fra Miljøtransport er sammenstilt i tabell 7 og 8 i vedlegg og vist grafisk i **Figur 12**. Dataene viser at vi her har et samfunn av bunndyr som har en relativt bra variasjon. Det ble funnet 11 ulike dyregrupper i materialet, men samtidig viser resultatene at samfunnet er sterkt preget av den store transporten av uorganisk materiale og en viss organisk forurensing. Viktige dyregrupper mangler eller er svært fåtallig representert i materialet. Også mangfoldet av arter innen viktige grupper som døgn-, stein- og vårfluer er svært lavt (tabell 8 i vedlegg). Det ble funnet kun en art blant døgnfluene, en viktig gruppe for å beskrive vannkvaliteten i vassdraget. Dette var arten *Betis rhodani* som tåler en del forurensing med organisk materiale og næringssalter. Videre ble det registrert kun et enkelt individ fra gruppen steinfluer (tabell 7 i vedlegg), og 3 individer fra gruppen vårfluer. Dette er lavt og indikerer de spesielle forholdene på stasjonen.

Faunaen på stasjon 1 er helt dominert av to dyregrupper nemlig fjærmygglarver og fåbørstemark, der fjærmygglarver dominerer og utgjør 54 % av faunaen (tabell 7 i vedlegg). Til sammen utgjør de to gruppene hele 77 % av bunndyrene i materialet fra denne lokaliteten (**Figur 12**). Sammensetningen av bunnfaunaen på denne stasjonen indikerer en mindre god vannkvalitet og et bunndyrsamfunn som er moderat til markert forurenset (Klasse 2 til 3 i **Figur 11**). Forurensingspåvirkningen er knyttet til organisk materiale, uorganisk partikulært materiale og næringssalter.



Figur 12. Alna. Forekomst av de ulike gruppene av bunndyr i materialet fra stasjonen oppstrøms utslippet (stasjon 1) fra Miljøtransport AS. Prøver tatt den 1. oktober 2004.

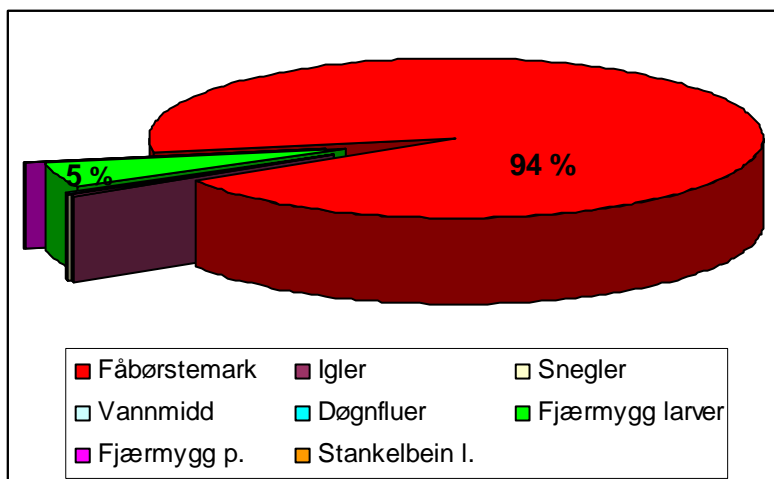
Stasjon 2

Resultatene fra bearbeidelsen av materialet fra st. 2 viser at bunndyrsamfunnet på denne stasjonen både når det gjelder variasjon og mengdemessig forekomst for de fleste gruppene har en noe fattigere sammensetning enn det som ble registrert på stasjonen oppstrøms utslippet (se vedlegg: tabell 7 og 8). Tettheten av bunndyr er her mer enn tre ganger så høy som den var på stasjonen oppstrøms. Dette tilskrives en meget stor tetthet av gruppen fåbørstemark. Denne gruppen er helt dominerende i bunndyr samfunnet på stasjon 2 og utgjør hele 94 % av bunndyrene på denne stasjonen (**Figur 13**).

Videre viser materialet at det er en ytterligere reduksjon i mangfoldet av grupper og arter. Dyregrupper som døgnfluer og vannmidd er så å si nesten helt borte fra bunnfaunaen og tettheten er her redusert til henholdsvis 6 og 3 % i forhold til hva den var på stasjonen oppstrøms. Blant døgnfluene ble det nesten utelukkende funnet store individer og trolig er disse larvene transportert ned til denne stasjonen i flom perioder fra overliggende områder med en bedre vannkvalitet. Dette i tillegg til den lave tettheten indikerer at de nok ikke er en del av den permanente bunnfaunaen på denne stasjonen. Videre ble viktige dyregrupper som stein- og vårfluer ikke funnet i materialet fra denne stasjonen.

Gruppen fjærmygglarver har også en kraftig reduksjon i tetthet (84 %) på denne stasjonen sammenlignet med stasjonen oppstrøms, og videre har de larvene vi finner på stasjon 2 i stor grad hemoglobin (respirasjonspigment) og er røde på farge. Dette indikerer blant annet dårlige oksygen forhold på stasjonen, men samtidig at forholdene er for vanskelige til at gruppen får stor tetthet. Blant fåbørstemarkene var også de røde formene med hemoglobin helt dominerende. Dette indikerer som nevnt dårlige oksygenforhold, men også en stor tilgang på lett nedbrytbart organisk materiale som må være tilstede for å kunne underholde så store tettheter av fåbørstemark. Samtidig vil det finpartikulære substratet på denne stasjonen begunstige blant annet denne dyregruppen.

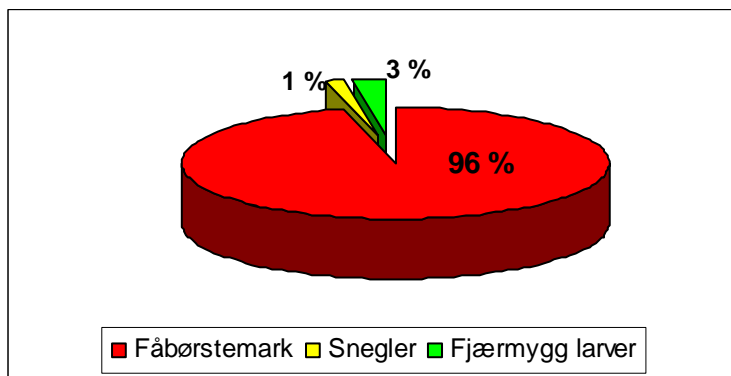
Sammensetningen av bunnfaunaen på stasjonen, nedstrøms kulverten under E 6, indikerer en dårlig vannkvalitet og et bunndyrsamfunn som er sterkt påvirket av organisk materiale, uorganisk partikulært materiale og næringssalter. Klassifisert ut fra **Figur 11** blir tilstanden her bedømt som den verste (klasse 4) i vurderingssystemet og forholdene på lokaliteten gir en forurensingsgraden som er klassifisert som sterkt forurenset.



Figur 13. Alna. Forekomst av de ulike gruppene av bunndyr i materialet fra stasjon 2,

2.2.3 Sammenligning med undersøkelsene i 1999

Vi finner små forskjeller i bunnfaunaens sammensetning når de to undersøkelsene som ble utført den 15. september i 1999 (før utslippet fra Miljøtransport AS) og våre undersøkelser fra den 1. oktober i 2004 sammenlignes. I begge undersøkelsene utgjør gruppen fåbørstemark henholdsvis 94 og 96 % av bunndyrene som ble samlet inn, mens larver av fjærmygg bare utgjør fra 3 til 5 % (**Figur 14**). Dette indikerer at faunasammensetningen som også den gang var sterkt preget av forurensing med lett nedbrytbart organisk materiale.



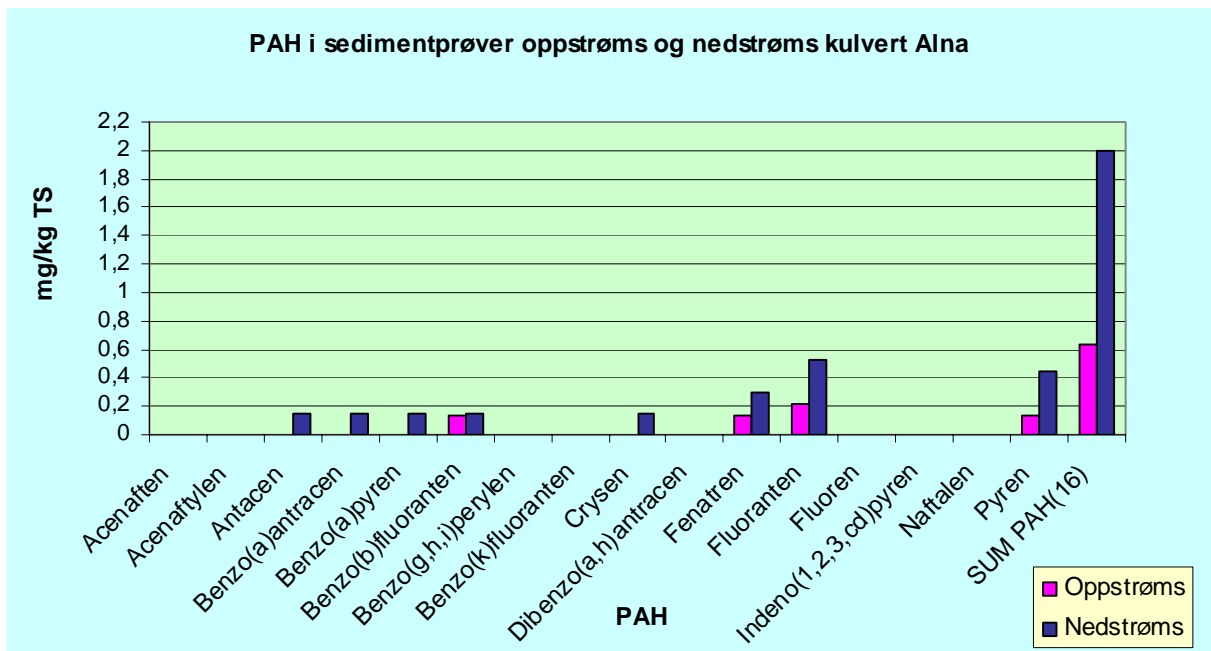
Figur 14. Forekomst av de ulike gruppene av bunndyr i materialet fra stasjonen nedstrøms kulvert under E 6. Prøver tatt den 15. september 1999. Stasjon ALN4B. (Oslo kommune-LFI, 2001).

At disse to prøvetakingene på stasjon 2 stort sett gir det samme bilde av forurensingssituasjonen på dette avsnittet av Alna indikerer at forholdene ved de respektive prøvetidspunktene ikke har endret seg noe vesentlig fra 1999 til 2004. Dette indikerer at tilførslene av forurensninger både når det gjelder mengde og sammensetning ikke var vesentlig forskjellig i 1999 og i 2004. Vi finner her en helt lik respons i de biologiske forholdene både i 1999 og i 2004.

Senere er det dokumentert at det mellom de to prøvepunktene tilføres kloakkvann og avrenning fra motorveien (E6) noe som resulterer i en forverring av resipientforholdene på stasjon 2. Vassdraget er i utgangspunktet sterkt markert og påvirket av forurensing også på stasjonen oppstrøms utslippspunktet og tilførslene av forurensing som kommer på strekningen ned til stasjon 2 forverrer vannkvaliteten

ytterligere. Vassdragets resipientkapasitet er overbelastet og fauna-sammensetningen indikerer at dette skyldes en belastning med organisk og partikulært materiale utover det som er vassdragsavsnittets selvrensingsevne.

Motorveien E6 krysser Alna mellom stasjon 1 og 2 og overvann fra veien som ledes ut i Alna mellom stasjon 1 og 2. Dette overvannet har normalt et høyt innhold av suspendert stoff, metaller og PAH. En stikkprøve av PAH-innholdet i bunnsedimentene viser et ca. tre ganger så høyt innhold av PAH (16 komponenter) ved stasjon 2 sammenlignet med stasjon 1 (**Figur 15** og tabell 9 i vedlegg). Dette kan også ha betydning for bunnfaunaens sammensetning. Det høyere nivået av PAH i sedimenter ved stasjon 2 i forhold til skyldes til dels avrenning fra vei samt de ulike sedimentasjonsforholdene ved punktene.



Figur 15. PAH i sedimentprøver oppstrøms og nedstrøms kulvert Alna.

3. Litteratur

Andersen, J. R., J. L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krogh, Vidar Lund, D. Rosseland, B. O. Rosseland og K. J. Aanes. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT rapport nr 1468/1997. 31 s.

Aanes, K. J. og T. Bækken. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitets-klassifisering. Rapport 1: Generell del. NIVA-rapport no. 2278. 62 s. Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) og NIVA.

EPA. 2005. Qual2E documentation and user modell, www.epa.gov.

Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Verschueren, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold Company, 1983.

Iowa Department of Natural Resources. 2005. Water quality standards, <http://www.iowadnr.com/water/standards/index.html>.

NVE atlas. 2004. <http://atlas.nve.no/>.

Oslo kommune Vann- og avløpsetaten 2004. Byvassdragene- Vannkvalitet og biologi. Fagrapport 9/2004 41 s.

Oslo kommune Vann- og avløpsetaten og Laboratoriet for ferskvannøkologi og innlandsfiske 2001. Bunndyr og fisk i Alna. Forurensing og vurdering av kritiske strekninger. LFI rapport nr 201. 78 s.

Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten Miljøtilsyn 2000. Vannkvalitetstilstand i Alna – fra marka til fjorden.

Vedlegg A.

Tabell 1. Beregnede minimums- og maksimumsverdier for BOF av vin, øl og mineralvann.

		rødvinn		hvitvinn		øl		mineralvann	
		min	maks	min	maks	min	maks	min	maks
Vinsyre	innhold g/l	4,5	4,5	4,5	4,5				
	TOF, gO ₂ /g	0,5	1,5	2,5	3,5				
	TOF, gO ₂ /l	2,4	6,9	11,4	15,9				
	TOC, gC/g	0,3	1,3	2,3	3,3				
	TOC, gC/l	1,4	5,9	10,4	14,9				
	BOF ₅ , gO ₂ /g	0,2	0,4	0,2	0,4				
	<i>Beregnet BOF₅, gO₂/g</i>	<i>0,8</i>	<i>1,6</i>	<i>0,8</i>	<i>1,6</i>				
Sukker	innhold g/l	2,0	2,0	10,0	20,0	20,0	40,0	5,0	120,0
	TOF, gO ₂ /g	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	TOF, gO ₂ /l	2,1	2,1	10,7	21,4	21,4	42,8	5,4	128,4
	TOC, gC/g	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	TOC, gC/l	0,8	0,8	4,0	8,0	8,0	16,0	2,0	48,0
	BOF ₅ , gO ₂ /g	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	<i>Beregnet BOF₅, gO₂/g</i>	<i>1,2</i>	<i>1,2</i>	<i>6,0</i>	<i>12,0</i>	<i>12,0</i>	<i>24,0</i>	<i>3,0</i>	<i>72,0</i>
Etanol	innhold %	9,0	14,0	9,0	14,0	4,7	10,0		
	innhold g/l	71,1	110,6	71,1	110,6	37,1	79,0		
	TOF, gO ₂ /g	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1		
	TOF, gO ₂ /l	148,6	231,2	148,6	231,2	77,6	165,1		
	TOC, gC/g	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	TOC, gC/l	37,0	57,5	37,0	57,5	19,3	41,1		
	BOF ₅ , gO ₂ /g	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6		
	<i>Beregnet BOF₅, gO₂/g</i>	<i>55,5</i>	<i>171,4</i>	<i>55,5</i>	<i>171,4</i>	<i>29,0</i>	<i>122,5</i>		
Sum TOF, g/l	153,1	240,2	170,7	268,4	99,0	207,9	5,4	128,4	
Sum TOC, g/l	39,2	64,3	51,4	80,5	27,3	57,1	2,0	48,0	
Sum Beregnet BOF₅, g/l	57,5	174,2	62,3	185,0	41,0	146,5	3,0	72,0	

Tabell 2. Litteraturverdier for ulike relevante parametre for etanol, glukose og tartarsyre (Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, 1983).

Forbindelse	Etanol	Glucose	Tartarsyre
TOF, gO ₂ /g	2,10/2,08	1,07	0,533
KOF, gO ₂ /g	1,9-2,04	1,05	0,522
BOD ₅₋₇ , gO ₂ /g	0,78/0,92/1,55		0,18/0,30/0,350
BOD ₁₀ , gO ₂ /g	1,37/1,55		
BOD ^{25°C} _{35dager} , gO ₂ /g		0,78	
BOD ₂₀ , gO ₂ /g			0,460

Tabell 3. Mengde væske sluppet ut fra Miljøtransport A/S per en og åtte timer. TOC og BOD utslipp ved minimums og maksimumskonsentrasjoner per time for en utslippsperiode på en time og åtte timer. ¹(41 g/l BOD), ²(184 g/l BOD), ³(27 g/l TOC), ⁴(81 g/l TOC).

Dato	Utslipp av væske, tonn	Utslipp per time (hvis utslippstid en time)					Utslipp per time (hvis utslippstid åtte timer)				
		Utslipp av væske, tonn per time	BOD, kg/time ¹	BOD, kg/time ²	TOC, kg/time ³	TOC, kg/time ⁴	Utslipp av væske, tonn per time	BOD, kg/time ¹	BOD, kg/time ²	TOC, kg/time ³	TOC, kg/time ⁴
01.01.01-31.12.01	639	639	26184	118147	17243	51729	80	3273	14768	2155	6466
8.1.2002	20	20	809	3652	533	1599	2	101	456	67	200
9.1.2002	3	3	109	494	72	216	0	14	62	9	27
10.1.2002	4	4	145	653	95	286	0	18	82	12	36
28.1.2002	10	10	402	1813	265	794	1	50	227	33	99
31.1.2002	3	3	132	598	87	262	0	17	75	11	33
6.2.2002	16	16	645	2910	425	1274	2	81	364	53	159
25.2.2002	5	5	201	908	133	398	1	25	114	17	50
26.2.2002	7	7	278	1256	183	550	1	35	157	23	69
14.3.2002	13	13	520	2346	342	1027	2	65	293	43	128
9.4.2002	19	19	787	3552	518	1555	2	98	444	65	194
11.4.2002	6	6	242	1092	159	478	1	30	136	20	60
29.4.2002	4	4	176	796	116	348	1	22	99	15	44
30.4.2002	1	1	58	263	38	115	0	7	33	5	14
8.5.2002	0	0	12	56	8	24	0	2	7	1	3
31.5.2002	5	5	210	947	138	415	1	26	118	17	52
4.6.2002	12	12	508	2292	335	1004	2	63	287	42	125
12.6.2002	11	11	456	2055	300	900	1	57	257	37	112
26.6.2002	6	6	244	1099	160	481	1	30	137	20	60
3.7.2002	5	5	202	910	133	399	1	25	114	17	50
30.7.2002	5	5	218	984	144	431	1	27	123	18	54
20.8.2002	33	33	1371	6186	903	2709	4	171	773	113	339
21.8.2002	10	10	405	1828	267	800	1	51	228	33	100
22.8.2002	32	32	1332	6011	877	2632	4	167	751	110	329
23.8.2002	2	2	88	398	58	174	0	11	50	7	22
26.8.2002	4	4	182	820	120	359	1	23	102	15	45
27.8.2002	1	1	44	200	29	87	0	6	25	4	11
29.8.2002	8	8	315	1423	208	623	1	39	178	26	78
30.8.2002	0	0	8	37	5	16	0	1	5	1	2
12.9.2002	1	1	40	181	26	79	0	5	23	3	10
19.9.2002	34	34	1390	6273	916	2747	4	174	784	114	343
20.9.2002	12	12	503	2270	331	994	2	63	284	41	124
24.9.2002	2	2	82	372	54	163	0	10	46	7	20
1.10.2002	11	11	471	2126	310	931	1	59	266	39	116
25.10.2002	8	8	314	1415	207	620	1	39	177	26	77
7.11.2002	6	6	240	1084	158	475	1	30	136	20	59
18.11.2002	10	10	428	1930	282	845	1	53	241	35	106
21.11.2002	14	14	560	2527	369	1106	2	70	316	46	138
16.12.2002	11	11	466	2102	307	920	1	58	263	38	115
17.12.2002	2	2	67	303	44	133	0	8	38	6	17
18.12.2002	27	27	1088	4908	716	2149	3	136	614	90	269

19.12.2002	8	8	335	1510	220	661	1	42	189	28	83
14.1.2003	5	5	217	981	143	429	1	27	123	18	54
15.1.2003	4	4	169	760	111	333	1	21	95	14	42
23.1.2003	2	2	73	329	48	144	0	9	41	6	18
24.1.2003	5	5	185	836	122	366	1	23	105	15	46
5.2.2003	20	20	812	3665	535	1605	2	102	458	67	201
13.2.2003	12	12	505	2279	333	998	2	63	285	42	125
14.2.2003	15	15	625	2821	412	1235	2	78	353	51	154
19.2.2003	5	5	212	956	140	419	1	26	120	17	52
20.2.2003	28	28	1166	5261	768	2304	4	146	658	96	288
21.2.2003	5	5	194	877	128	384	1	24	110	16	48
27.2.2003	9	9	378	1706	249	747	1	47	213	31	93
12.3.2003	9	9	355	1602	234	701	1	44	200	29	88
26.3.2003	9	9	387	1745	255	764	1	48	218	32	95
27.3.2003	2	2	94	424	62	185	0	12	53	8	23
28.3.2003	3	3	105	472	69	207	0	13	59	9	26
1.4.2003	15	15	634	2860	417	1252	2	79	358	52	157
25.4.2003	3	3	139	627	92	275	0	17	78	11	34
28.4.2003	21	21	853	3850	562	1686	3	107	481	70	211
29.4.2003	9	9	379	1711	250	749	1	47	214	31	94
23.5.2003	4	4	169	762	111	334	1	21	95	14	42
27.5.2003	13	13	553	2496	364	1093	2	69	312	46	137
6.6.2003	0	0	10	44	6	19	0	1	6	1	2
11.6.2003	2	2	71	322	47	141	0	9	40	6	18
17.6.2003	5	5	204	921	134	403	1	26	115	17	50
27.6.2003	5	5	213	963	141	422	1	27	120	18	53
30.6.2003	3	3	125	566	83	248	0	16	71	10	31
3.7.2003	6	6	252	1138	166	498	1	32	142	21	62
8.8.2003	4	4	173	781	114	342	1	22	98	14	43
26.8.2003	29	29	1169	5274	770	2309	4	146	659	96	289
28.8.2003	35	35	1448	6532	953	2860	4	181	817	119	358
29.8.2003	7	7	287	1295	189	567	1	36	162	24	71
2.9.2003	16	16	651	2938	429	1286	2	81	367	54	161
16.9.2003	4	4	167	753	110	330	1	21	94	14	41
25.9.2003	4	4	168	757	110	331	1	21	95	14	41
26.9.2003	11	11	436	1968	287	862	1	55	246	36	108
29.9.2003	22	22	905	4085	596	1788	3	113	511	75	224
9.10.2003	16	16	654	2951	431	1292	2	82	369	54	161
15.10.2003	12	12	498	2248	328	984	2	62	281	41	123
20.10.2003	3	3	110	496	72	217	0	14	62	9	27
23.10.2003	1	1	57	259	38	113	0	7	32	5	14
24.10.2003	7	7	275	1240	181	543	1	34	155	23	68
27.10.2003	9	9	364	1641	239	718	1	45	205	30	90
12.12.2003	19	19	769	3471	507	1520	2	96	434	63	190
16.12.2003	34	34	1402	6325	923	2769	4	175	791	115	346
18.12.2003	15	15	632	2851	416	1248	2	79	356	52	156
30.12.2003	3	3	130	585	85	256	0	16	73	11	32
7.1.2004	2	2	65	292	43	128	0	8	37	5	16
9.1.2004	7	7	295	1330	194	582	1	37	166	24	73
29.1.2004	1	1	44	200	29	87	0	6	25	4	11

30.1.2004	3	3	140	631	92	276	0	17	79	12	35
9.2.2004	44	44	1818	8203	1197	3592	6	227	1025	150	449
10.2.2004	77	77	3149	14208	2074	6221	10	394	1776	259	778
11.2.2004	74	74	3031	13677	1996	5988	9	379	1710	250	749
12.2.2004	64	64	2619	11818	1725	5174	8	327	1477	216	647
13.2.2004	57	57	2326	10495	1532	4595	7	291	1312	191	574
16.2.2004	33	33	1344	6066	885	2656	4	168	758	111	332
17.2.2004	38	38	1574	7100	1036	3109	5	197	888	130	389
19.2.2004	4	4	151	681	99	298	0	19	85	12	37
20.2.2004	25	25	1031	4651	679	2036	3	129	581	85	255
26.2.2004	2	2	81	366	53	160	0	10	46	7	20
2.3.2004	5	5	214	966	141	423	1	27	121	18	53
10.3.2004	13	13	551	2485	363	1088	2	69	311	45	136
16.3.2004	40	40	1648	7435	1085	3255	5	206	929	136	407
17.3.2004	55	55	2272	10251	1496	4488	7	284	1281	187	561
18.3.2004	38	38	1562	7047	1028	3085	5	195	881	129	386
19.3.2004	15	15	611	2757	402	1207	2	76	345	50	151
22.3.2004	34	34	1414	6381	931	2794	4	177	798	116	349
23.3.2004	41	41	1687	7611	1111	3332	5	211	951	139	417
29.3.2004	25	25	1020	4603	672	2015	3	128	575	84	252
1.4.2004	23	23	951	4290	626	1878	3	119	536	78	235
21.4.2004	4	4	155	697	102	305	0	19	87	13	38
22.4.2004	2	2	69	313	46	137	0	9	39	6	17
30.4.2004	7	7	288	1301	190	569	1	36	163	24	71
24.5.2004	13	13	519	2342	342	1025	2	65	293	43	128
26.5.2004	5	5	209	944	138	413	1	26	118	17	52
2.6.2004	12	12	478	2157	315	944	1	60	270	39	118
9.6.2004	12	12	482	2176	318	953	1	60	272	40	119
10.6.2004	5	5	201	908	133	398	1	25	114	17	50
16.6.2004	12	12	473	2133	311	934	1	59	267	39	117
17.6.2004	3	3	118	531	77	232	0	15	66	10	29
18.6.2004	5	5	189	855	125	374	1	24	107	16	47
23.6.2004	11	11	470	2122	310	929	1	59	265	39	116
24.6.2004	4	4	175	788	115	345	1	22	99	14	43
25.6.2004	8	8	322	1454	212	637	1	40	182	27	80
1.7.2004	9	9	361	1630	238	714	1	45	204	30	89
2.7.2004	10	10	401	1807	264	791	1	50	226	33	99
14.7.2004	11	11	432	1948	284	853	1	54	244	36	107
30.7.2004	3	3	122	549	80	241	0	15	69	10	30
5.8.2004	10	10	420	1894	276	829	1	52	237	35	104
6.8.2004	1	1	56	253	37	111	0	7	32	5	14

Simuleringsparametre

Tabell 4. Parametre brukt i simuleringer med QUAL2K-modellen. Det antas middelverdier for hele døgnet.

Simulering	1a	1b	2a	2b
Dato	10/02/2004	10/02/2004	22/08/2002	22/08/2002
Vannføring, m ³ /s	0,5	0,5	0,7	0,7
Temperatur, °C	5	5	15	15
Konduktivitet, µmhos/cm	300			
Uorganisk stoff, mg dw/l	5			
Løst oksygen, mg O ² /l	11			
CBOD slow, mg O ² /l	2			
CBOD fast, mg O ² /l	2			
Løst organisk nitrogen, µg/l	1000			
NH ₄ -Nitrogen, µg/l	160			
NO ₃ -Nitrogen, µg/l	200			
Dissolved Organic Phosphorus, µg/l	40			
Inorganic Phosphorus (SRP), µg/l	60			
Phytoplankton, µg/l	0			
Detritus (POM), mg/l	2			
Alkalinity, mg CaCO ₃ /l	90			
pH	7,9			
Lufting	i henhold til modell			
bottom sod coverage, %	100			
bottom algae cover, %	20			
sediment oxygen demand, methane flux n flux p flux	0			
luft temp, °C	2	2	15	15
duggpunkt, °C	1	1	10	10
vindhastighet, m/s	2	2	4	4
Skydekke, %	50			
Skygge, %	0-100			
Rates	recommended rates for all rates			
Photosynt available light, %	0,2			
point source miljøtransport	41 g BOD/l	185 mg BOD/l	41 mg BOD/l	185 mg BOD/l
point source miljøtransport	77 m ³ /8t 0,0027 m ³ /s	77 m ³ /1t 0,021 m ³ /s	32 m ³ /8t 0,0011m ³ /s	32 m ³ /1t 0,0089 m ³ /s
diffuse groundwater inflow, m/s	0,1			
lengdegrader	664438, nord			
breddegrader	602512, øst			

Kanalens utforming danner basis for Manning-ligninger med 6 m bunnvidde, skråningen på 45° på begge sider og en Manning-koeffisient på 0,025.

Tabell 5. Rate-konstanter anvendt for simuleringene.

Parameter	Value	Units	Symbol
Stoichiometry:			
Carbon	40	mgC	gC
Nitrogen	7,2	mgN	gN
Phosphorus	1	mgP	gP
Dry weight	100	mgD	gD
Chlorophyll	1	mgA	gA
Inorganic suspended solids:			
Settling velocity	1	m/d	vi
Oxygen:			
Reaeration model	Internal		
Temp correction	1,024		qa
O2 for carbon oxidation	2,69	gO2/gC	roc
O2 for NH4 nitrification	4,57	gO2/gN	ron
Oxygen inhib CBOD oxidation model	Exponential		
Oxygen inhib CBOD oxidation parameter	0,60	L/mgO2	Ksofc
Oxygen inhib nitrification model	Exponential		
Oxygen inhib nitrification parameter	0,60	L/mgO2	Ksona
Oxygen enhance denitrification model	Exponential		
Oxygen enhance denitrification parameter	0,60	L/mgO2	Ksodn
Slow CBOD:			
Hydrolysis rate	2	/d	khc
Temp correction	1,047		qhc
Fast CBOD:			
Oxidation rate	4	/d	kdc
Temp correction	1,047		qdc

Tabell 6. Deoksygeneringsforsøk Alna-vann gjennomført 04.07.05. Vann tatt fra Alna oppstrøms kulvert 04.07.05.

pH			7,55		7,25		5,01		3,68	
Prøve	Rent vann		Alna-vann		0,38 % vin		3 % vin		10 % vin	
Timer	mg/l O ₂	Temp. °C	mg/l O ₂	Temp. °C	mg/l O ₂	Temp. °C	mg/l O ₂	Temp. °C	mg/l O ₂	Temp. °C
0	8,91	24,3	9,94	18,0	10,01	17,7	10,02	17,7	9,84	18,1
1	8,43	24,3	9,20	20,4	9,31	20,1	9,15	20,0	9,11	20,3
2	8,41	24,4	9,13	21,9	9,17	21,6	9,01	21,5	9,02	21,7
4	8,55	24,7	8,97	23,7	8,79	23,6	8,88	23,4	8,93	23,5
8	8,46	24,9	8,30	24,9	5,17	25,0	8,39	24,8	8,57	24,7
19	8,15	24,4	7,84	24,5	0,15	24,6	0,09	24,5	7,39	24,3
24	7,68	25,3	7,83	25,4	0,14	25,6	0,08	25,6	4,17	25,4
28	7,12	25,5	7,69	25,7	0,13	26,1	0,07	26,1	0,41	25,8
43	8,11	21,6	8,23	21,8	0,15	21,8	0,08	21,4	0,09	21,6
48	8,12	24,5	8,16	24,7						

Bunndyr**Tabell 7.** Hovedgrupper i bunndyrsamfunnet ved to stasjonene i Alna den 1. oktober 2004. Metode Norsk Standard 4719. Antall per 3x1 min sparkeprøve.

Dyregruppe	St.kode	Alna St. 1		Alna St. 2	
		Antall	%	Antall	%
Fåbørstemark	Oligochaeta	318	26,7	3226	94,0
Igler	Hirudinea	11	0,9	10	0,3
Snegler	Gastropoda	18	1,5	12	
Småmuslinger	Lamellibranchiata				0,1
Vannmidd	Hydracarina	133	11,2	4	0,1
Døgnfluer	Ephemeroptera	156	13,1	9	0,3
Steinfluer	Plecoptera	1	0,1		
Billelarver	Coleoptera larver				
Biller voksne	C. imago	2	0,2		
Vårfluer	Trichoptera	3	0,3		
Fjærmygg larver	Chironomidae l.	745	62,5	172	5,0
Fjærmygg pupper	C. pupper	4	0,3	4	0,1
Knott larver	Simuliidae larver				
Sviknott larver	Ceratopogonidae	6	0,5		
Stankelbein larver	Tipulidae	2	0,2	3	0,1
Andre tovinger	Andre diptera				
Sum	Sum	1193		3440	
Antall dyregrupper		11		7	

Tabell 8. Arter av: Døgn-, stein- og vårfluer i bunndyrsamfunnet ved to stasjoner i Alna den 1. oktober 2004. Metode NS 4719. Antall per 3x1 min sparkeprøve.

Alna 1. 10. 2004	St. kode	Alna St. 1	Alna St. 2
SNEGLER			
	Physa fontinalis	15	12
	Ancylus fluviatilis	3	
DØGNFLUER			
	Baetis sp	24	
	Baetis rhodani	132	9
STEINFLUER			
	Nemoura sp.	1	
VÅRFLUER			
	Rhyacophila nubile	1	
	Limnephilidae sp	2	
Sum	Antall arter	7	2

Tabell 9. Analyseresultater PAH i sedimentprøver oppstrøms og nedstrøms kulvert Alna.

Parameter	Enhet	Oppstrøms Stasjon 1	Nedstrøms Stasjon 2
Acenaften	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Antacen	mg/kg TS	<0,1	0,15
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	<0,1	0,15
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,1	0,15
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	0,14	0,15
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Crysen	mg/kg TS	<0,1	0,15
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Fenatren	mg/kg TS	0,14	0,30
Fluoranten	mg/kg TS	0,21	0,52
Fluoren	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Naftalen	mg/kg TS	<0,1	<0,1
Pyren	mg/kg TS	0,14	0,44
SUM PAH(16)	mg/kg TS	0,63	2,0