

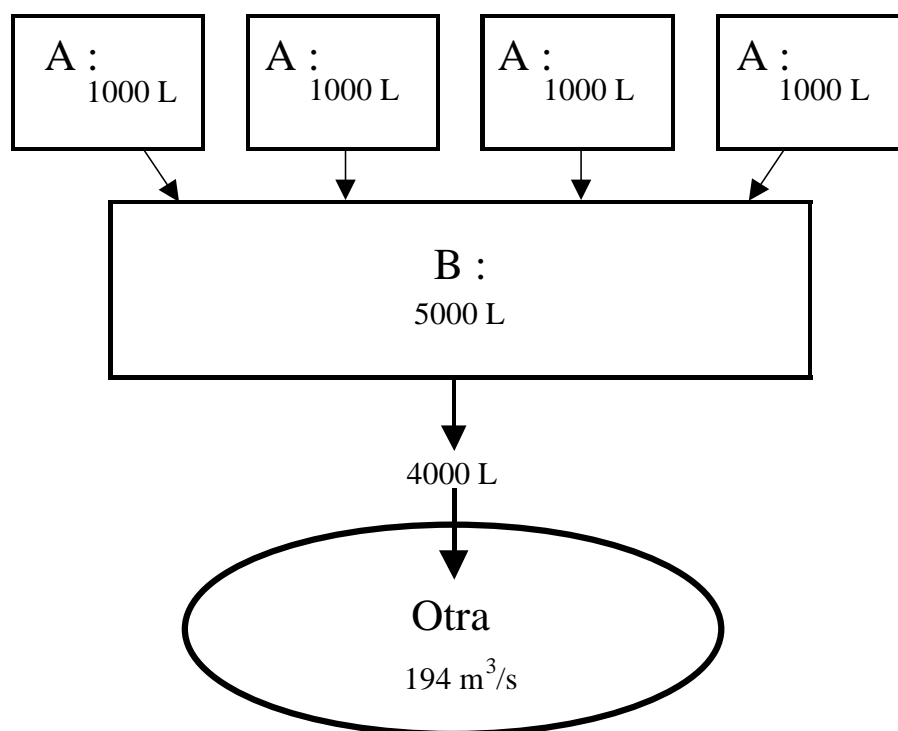
NIVA



RAPPORT LNR 4469-2002

## Konsekvensutredning

Kjemikalieutslipp i Otra,  
Hunfos fabrikk 9.11.2001



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning NIVA

Prosjektnr.: Undernr:

O - 21211

Løpenr.: Begr. distrib.:

4469 - 2002 Nei

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grímstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 30 22 50 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: <b>Konsekvensutredning.</b> Kjemikalieutslipp i Otra, Hunsfos fabrikker. 9/11-2001.	Dato: NIVA	Trykket: Des. 2001
Forfatter(e): Karl Jan Aanes, Torulv Tjomsland og Espen Lydersen.	Faggruppe: Vassdrag	Geografisk område: Vest Agder
	Antall sider:	

Oppdragsgiver: Hunsfos Fabrikker ASA.	Oppdragsg. ref.:
------------------------------------------	------------------

## Ekstrakt:

NIVA har på oppdrag fra Hunsfos Fabrikker ASA vurdert eventuelle konsekvenser for vannkvaliteten og biologiske forhold i den lakseførende delen av Otra av et uhellsutslipp den 9. november av fellingskjemikaliet EKA ATC 8210 (en aluminiumhydroksiklorid løsning). Utslipet var på 4000 liter og passerte en oljeavskiller før det via et røropplegg nådde Otra på bedriftens område, oppstrøms Vigeland. Beregninger som ble foretatt viser at ca 1000 liter ble sluppet ut i vassdraget, resten ble tilbake i oljeavskilleren. Befaringer i vassdraget like etter utslippet kunne ikke påvise effekter på bunnsfaunaen eller på populasjonene av laks og ørret i vassdraget ved Vigeland. Ved hjelp av modellverktøy ble det regnet ut konsentrasjoner av giftige aluminiumsforbindelser og varighet på et utvalg stasjoner nedover i Otra mot utløpet. På ingen av stasjonene var konsentrasjonene eller varigheten av en slik karakter at vi forventet akutte effekter på laks og ørret.

4 emneord, norske

4 emneord, engelske

1.	Vennesla kommune, Vest Agder.	1.	Vennesla municipality, Vest Agder.
2.	Otra	2.	River Otra
3.	Hunsfos Fabrikker ASA	3.	Hunsfos Fabrikker ASA
4.	Uhellsutslipp	4.	Pollution accident

-----  
Prosjektleder  
Karl Jan Aanes

-----  
Forskningsleder  
Dag Berge

-----  
Forskningssjef  
Nils Roar Sæltun

ISBN: 82 - 577 - 4116 - 7

Norsk Institutt for Vannforskning  
Oslo

O - 21211

## **Konsekvensutredning.**

**Kjemikalieutslipp i Otra,**

**Hunfos fabrikker ASA.**

**9/11-2001.**

**Prosjektleder : Karl Jan Aanes  
Medarbeidere : Torulf Tjomsland  
Espen Lydersen**

## Forord

Foreliggende rapport beskriver mulige effekter på vannkvalitet og biologiske forhold som følge av et uhellsutslipp til Otra den 9 november 2001. Stoffet som ble sluppet ut var et fellingskjemikalie med produktnavnet EKA ATC 8210, av samme type som ved fiskedøden i 1997.

NIVA's undersøkelser bygger på:

- Opplysninger fra Hunsfos Fabrikker ASA v Ole Kristian Hodnemyr om utslippet's størrelse og varighet.
- Data fra produsenten: EKA Chemicals, om stoffets kjemiske sammensetning.
- Resultater fra vannkjemiske analyser tatt i Otra like etter utslippet av Kirvil Berg, Fylkesmannens Miljøvernadv. i Vest Agder.
- Resultater fra kjemiske analyser av væsken som var igjen i oljeavskilleren tatt av NIVA
- Data om oljeavskilleren fra produsenten Vestfold Plast Industri AS.
- Observasjoner foretatt i vassdraget av bunnfaunaen den 12/11 av K. J. Aanes, NIVA
- Observasjoner foretatt i vassdraget for å registrere eventuell død fisk den 13/11 av Trond Amundsen Otra Laxefiskelag og Ole Kristian Hodnemyr.
- Vannføringsdata fra Otteråens brukseierforening
- Resultater fra beregningsmodeller benyttet for å estimere konsentrasjoner av giftige aluminiumsforbindelser og deres varighet på aktuelle stasjoner i vassdraget.

Vår oppdragsgiver var fra starten Otra Laxefiskelag, og prosjektet ble gitt NIVA ved undretegnede den 11. november av leder for kultiveringsutvalget Erling Sandø.

Prosjektet ble senere, den 14/11 overtatt av Hunsfos Fabrikker ASA ved Ole Kristian Hodnemyr.

De fysisk-kjemiske analysene som er utført i prosjektet er utført ved instituttets analyselaboratorium i Oslo.

Rapporten er skrevet av undertegnede med bidrag fra cand. real. Torulf Tjomsland på feltene hydrologi og modellarbeide, og fra Dr phil. Espen Lydersen på feltet aluminiums kjemi og giftighet.

*Oslo 15. desember 2001.*

*Karl Jan Aanes  
prosjektleder*

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Forord	3
1.	Sammendrag og konklusjon	5
2.	Innledning	6
	2.1 Giftutslippet 9. november 2001.	6
3.	Vannkjemi	7
	3.1 Materiale og metoder	7
	3.2 Resultater	8
4.	Giftutslippet den 9. november 2001 Rekonstruksjon av hendelsesforløpet - vannkjemiske endringer i Otra	9
	4.1 Datagrunnlag	9
	4.2 Metodikk	10
	4.3 Beregnet mengde utslipp til Otra	11
	4.4 Konsentrasjonsutviklingen i Otra nedstrøms utslippspunktet	12
5.	Biologiske forhold	13
	5.1 Vassdragets bunnfauna	13
	5.1.1 Effekter av utslippet den 9. november 2001.	13
	5.2 Vassdragets fiskefauna	14
	5.1.1 Effekter av utslippet den 9. november 2001.	14
6.	Diskusjon	15
7.	Referanser	16
8.	Vedlegg	17

## 1. Sammendrag og konklusjon

Fredag den 9. november 2001 ble fra industriområdet til Hunsfos Fabrikker ASA i Vennesla kommune tilført elven Otra ca 1000 liter av den giftige løsningen aluminiumhydroksiklorid. Årsaken til at dette skjedde var at 4 containere á 1000 liter oljeholdig vann skulle behandles i en oljeavskiller for å fjerne oljen før vannet kunne ledes til avløp. Vedkommende som skulle utføre dette arbeidet forvekslet disse med 4 nokså like containere á 1000 liter av et konsentrert fellingskjemikalie, benyttet i bedriftens produksjonsanlegg. Det aktuelle stoffet har produktnavnet Eka ATC 8210, og er av samme type som ved fiskedøden i 1997. De fire containerne ble så tømt i oljeavskilleren, som via et røropplegg hadde direkte utslipp til Otra.

NIVA har på oppdrag fra Hunsfos Fabrikker ASA vurdert eventuelle konsekvenser for vannkvaliteten og biologiske forhold i den lakseførende delen av Otra av dette uhellsutslippet. Teoretiske beregninger som ble foretatt viste at ca 1250 liter ble sluppet ut i vassdraget, resten ble tilbake i oljeavskilleren. Korrigert på bakgrunn analyseverdiene fra analyser av den væsken om var igjen i denne viser at ca 1000 liter av fellingskjemikaliet hadde rent ut i Otra over et tidsrom på 90 minutter.

Vannprøver som ble tatt samme dag kunne ikke spore noen økning i konsentrasjonen av parametre knyttet til utslippet av Eka ATC 8210.

Ved hjelp av modellverktøy ble den økte konsentrasjonen av giftige aluminiumsforbindelser, og deres varighet beregnet på et utvalg stasjoner nedover i Otra mot utløpet. På ingen av stasjonene var konsentrasjonene eller varigheten av en slik karakter at vi forventet akutte effekter på laks og ørret.

Befaringer like etter utslippet kunne ikke påvise effekter på bunnfaunaen eller på populasjonene av laks og ørret i vassdraget ved Vigeland

Det kalde vannet i Otra under utslippet, i kombinasjon med moderate økninger i giftige Al-forbindelser over en eksponering som har vart over relativt kort tid, gjør at skadene av utslippet i elva sannsynligvis har vært svært marginale.

Laksen er blant de mest følsomme vannorganismer vi kjenner til med hensyn til tålegrense for giftige former for aluminium. Dette gjør at vi også anser skadene på annen flora og fauna i elva som minimal.

Fisk som er eksponert for forhøyde konsentrasjoner av giftige former for aluminium vil hvis den ikke dør kunne restituere seg når konsentrasjonene igjen avtar.

Det er lite trolig at utslippet den 9. november 2001 har hatt noen biologiske effekter som kan virke negativt inn på fremtidige forhold i vassdraget.

## 2. Innledning

Det har de siste årene vært en betydelig innsats for å bedre vannkvaliteten i denne delen av Otra. Det er særlig tre forhold som her har hatt stor betydning. Det ble i 1992 lagt en avskjærende ledning fra Vennesla som samlet den kommunale kloakken mellom Vennesla og Kristiansand og ledet denne bort fra vassdraget. Videre ble det en betydelig bedring i vannkvaliteten i nedre deler av Otra fra 1995 da det ble invistret store summer i en avløpsledning fra Hunsfos Fabrikker ASA og ut til sjøen.

Dette er de viktigste bidragene til at vannkvaliteten de siste årene har blitt så mye bedre. Særlig har avløpsledningen fra Hunsfos Fabrikker hatt stor betydning. Men parallelt med dette er det også dokumentert at surheten i nedbøren i denne regionen har avtatt noe de siste årene, noe som har bidratt til en pH økning i denne delen av vassdarget.

Responser på de bedre forholdene i vannkvaliteten i nedre deler av Otra har blant annet resultert i at laks og sjøørret igjen har etablert seg i vassdraget nedstrøms Vigeland. Parallelt med bedringen i forurensingssituasjonen de siste årene er det også lagt ned et betydelig arbeide for å legge forholdene til rette for friluftaktiviteter langs elva.

Av de ulike rekreasjons og friluftaktivitetene som utøves i og ved vassdraget står fritidsfiske i en særstilling, og Otra har markert seg som en betydelig lakse- og sjøørret elv med stor fangster også i nasjonal sammenheng. Registreringene i 2001 viser så langt en samlet fangst av laks og sjøørret fisket på sportsfiskeutstyr på vel 7.500 kg. Dette representerer store verdier både for eiere av fiskerettigheter og for de mange brukerne.

Også tidligere har det vært giftutslipp til Otra. Mandag den 28. juli i 1997 ble det sluppet ut ca. 10 m<sup>3</sup> av et tilsvarende fellingskjemikalium (Handelsnavn :HYPAX 18 ) til Otra fra Hydrogas Norge AS sitt forsøksanlegg på bedriftsområdet til Hunsfos Fabrikker ASA. Utslippet den gang førte til en betydelig fiskedød i vassdraget nedstrøms utslippsområdet, og en betydelig straffeutmåling med fengselsstraff til den som hadde forvoldt skaden og erstatning til Otra Laxefiskelag for tapte inntekter salg av fiskekort.

### 2.1 Giftutslippet 9. november 2001.

Fredag den 9. november 2001 ble fra industriområdet til Hunsfos Fabrikker ASA i Vennesla kommune tilført elven Otra ca 1250 liter av den giftige løsningen aluminiumhydroksiklorid. Årsaken til dette var at 4 containere á 1000 liter oljeholdig vann (som var samlet opp dagen før og satt på et lager) nå skulle behandles i en oljeavskiller for å fjerne oljen før vannet kunne ledes til avløp. Vedkommende som skulle utføre dette arbeidet tok ut feile containere fra lageret. I stedet for de 4 containerne med oljeholdig vann ble det hentet 4 nokså like containere á 1000 liter av et konsentrert fellingskjemikaliet som benyttes i bedriftens renseanlegg. Disse ble så tømt i oljeavskilleren. Stoffet har produktnavnet EKA ATC 8210, og er av samme type som ved fiskedøden i 1997. Den aktuelle oljeavskilleren hadde direkte avløp til Otra.

Utslippet foregikk i perioden fra kl 12<sup>00</sup> til kl 13<sup>30</sup>. Det ble etterhvert klart at det var feile containere som var tømt i oljeavskilleren og at denne hadde avløp til Otra. Da dette ble oppdaget varslet Husfos Fabrikker ASA lokale brannmyndigheter (alarmsentral 110) om uhellet og at det var eventuell forurensingsfare i vassdraget. Representanter fra fylkets miljømyndigheter var tilstede i vassdraget senere samme dag og SFT besøkte bedriften neste dag.

Otra Laxefiskelag ble også varslet og hadde representanter i vassdraget for å overvåke situasjonen fredag ettermiddag-kveld . NIVA ble av kontaktet fredag kveld av Laxelaget og

ble senere engasjert av dem til å foreta en befaring i vassdraget for å sikre bevis og vurdere eventuelle effekter. NIVA's representant besøkte vassdraget mandag den 12. november.



Figur 1. Kartutsnitt av Otra med prøvetakingsstasjoner og utslippspunkt.

### 3. Vannkjemi

#### 3.1 Materiale og metoder

##### *Materiale*

Det ble hentet inn prøver fra Otra på 5 ulike stasjoner den 9. november i tidsrommet fra kl 16.56 til kl 18.00 (se tabell 2). Lokalitetene i vassdraget hvor prøvene ble hentet inn er vist på figur 1. Prøvetaker var Kirvil Bang fra Fylkesmannens Miljøvernnavd. i Vest Agder. Prøvene ble oppbevart forskriftsmessig og levert NIVA's analyselaboratorium i Oslo den 13 november.



Oljeavskilleren ble tømt den 9 nov. og lagret på en tank i påvente av senere prøvetaking. Denne ble foretatt den 12. November av NIVA og Fylkesmannens Miljøvernavdeling, og analysert sammen med de øvrige prøvene fra vassdraget.

Opplysninger om stoffet Eka ATC 8210 kjemiske sammensetning har vi fått fra Akzo Nobel, v. Eka Chemicals gjennom deres produktspesifikasjon datert 2000-03-01. Sammensetningen er vist i Tabell 1.

**Tabell 1. Produktspesifikasjon: Eka ATC 8210.**

Parameter	Spesifikasjon
pH	1,5 ± 0,3
Densitet	1245 ± 25 kg/m <sup>3</sup>
Aluminium	5,4 ± 0,3 vekt %
Klorid	17,0 ± 1,5 vekt %
Sulfat	0,9 ± 0,3 vekt %

### Metoder

Vannprøvene ble analysert for å få vurdert eventuelle endringer i vannkvaliteten i Otra nedstrøms utslippet med tanke på forsurende skader og aluminiumsforgiftning. Analysene som ble gjennomført med tilhørende metodebeskrivelse er vist i tabell 2.

**Tabell 2. Vannprøver. Fysisk-kjemiske analysemetoder.**

Parameter	pH	KOND	ALK	Tot-N/L	NO3-N	TOC	TOC/ DC
Benevning		mS/m	mmol/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg C/l
Metode :	NS 4720	NS - ISO 7888	NS EN- ISO 9963-1	NS 4743	NS 4745	ASTM D 4779	NS ISO 8245

Parameter	Cl	SO4	Al/A	Al/R	Al/II	Al/ ICP	Ca	Na	Mg	K
Benevning	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Metode :	DC 500 10304-1	EN ISO 4799	NS 4799	Røgeberg & Henriksen	ISO/DIS 11885	ISO/DIS 11885	ISO/DIS 11885	ISO/DIS 11885	ISO/DIS 11885	NS 4770

### 3.2 Resultater

Analyseresultatene er vist i tabell 4 bak i rapportens vedlegg. Dataene beskriver en situasjon i vassdraget den 9. november som er naturlig for denne årstiden. Vannkvaliteten er noe sur med en pH rundt 5,8 og et innhold av total aluminium som varierte fra 130 µg Al/l til 170 µg Al/l. Konsentrasjonen av vannløselige positivt ladete (kationiske) aluminiums forbindelser (LAL), som er de Al-formene som primært har akutt giftvirkning varierte mellom 15 og 20 µg Al/l. Innholdet av total organisk materiale i vannprøvene varierte mellom 3,0 til 3,8 mg C/l, og tilsvarende var innholdet av klor mellom 1,5 og 1,6 mg Cl/l.

For å kunne sammenligne situasjonen i vassdraget under utslippet med tilsvarende forhold året før er data om vannkvaliteten fra november i 2000 hentet fra den statlige overvåkingen av Otra (Kroglund m.fl. 2001). Vi har brukt data fra de to stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss og Skråstad, og disse er presentert i tabell 3 sammen med vannkvalitets data fra Kvarstein den 9. november 2001. I 2001 har det ikke vært noen fysisk - kjemisk overvåking av vannkvaliteten på dette avsnittet av Otra.

**Tabell 3. Analyseresultater fra overvåkingen av Otra.**  
**Data fra den 20. nov. 2000 for St. A: Oppstrøms Hunsfoss og st. B: Skråstad.**  
**Sammenlignet med resultater fra vannprøver fra st. C. Kvarstein den 9. nov. 2001.**

Stasjon	pH	Tot Al	ILAL	LAL	TOC	Cl
<b>A</b>	5,39	172	83	31	3,1	2,7
<b>B</b>	5,49	185	86	26	3,1	2,9
<b>C.</b>	<b>5,81</b>	<b>130</b>	<b>61</b>	<b>20</b>	<b>3,1</b>	<b>1,5</b>

Resultatene fra vannprøvene som ble hentet inn den 9. november viser at disse er når det gjelder pH noe høyere en i tilsvarende måned året før. For giftige aluminiums forbindelser er bildet motsatt. De laveste verdiene ble målt i 2001 dette er også tilfelle for innholdet av klor.

Resultatet fra analysene som ble tatt på prøven fra væsken som var pumpet opp fra oljeavskilleren er vist i tabell 4. Dataene gir grunnlag for å beregne hvor mye av det stoffet som ble tømt i oljeavskilleren som rant ut i Otra.

#### **4. Giftutslippet den 9. november 2001.**

For å beskrive hendelsesforløpet i vassdraget har vi forsøkt å beregne hvor mye giftholdig vann som til en hver tid rant ut i Otra. Grunnlaget for disse beregningene er :

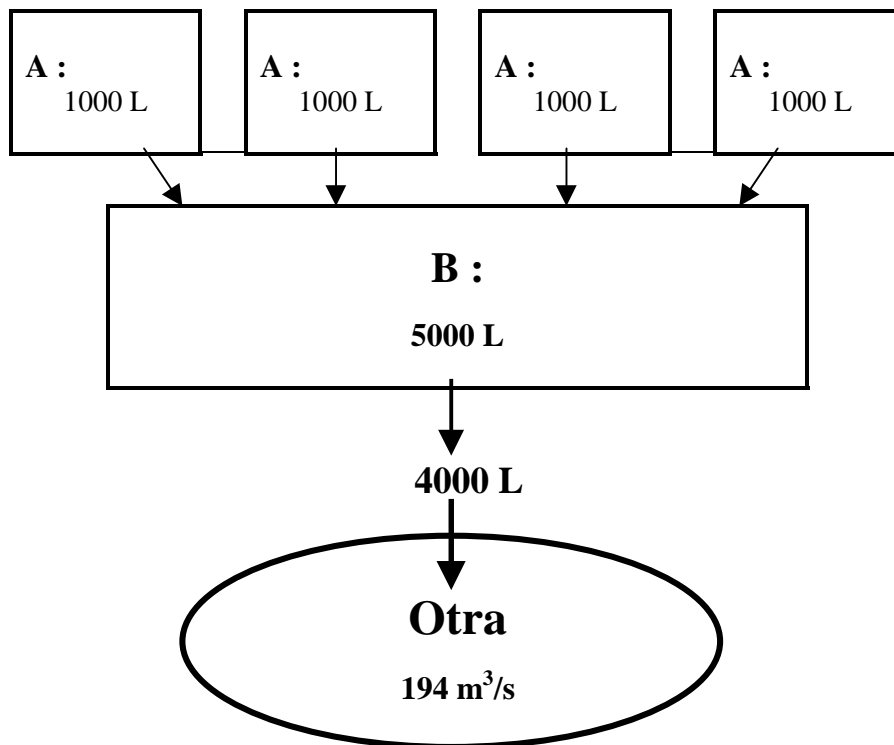
- Resultat av kjemiske analyser foretatt på væsken som var igjen i oljeavskilleren
- Informasjon om volumet på denne
- Opplysninger om mengde væske tømt i oljeavskilleren,
- Og denne væsken's kjemiske sammensetning
- Varigheten av tømningen ( 90 minutter )

Vi har ved hjelp av disse dataene og bruk av modellverktøy beregnet hvordan utslippet forløp nedover i vassdraget både i tid og rom.

##### **4.1 Datagrunnlag**

Den 9. november 2001, ble det tømt ut ca 4000 L (**A**) av stoffet Eka ATC 8210 ( $AlCl_3$ ) fra 4 kontainere til en oljeavskiller (**B**) på bedriftens område. Oljeavskilleren hadde et volum på 5000 L og var før kontainerne ble tømt i denne fylt med "rent vann".

Oljeavskilleren (**B**) hadde direkte avløp via et røropplegg til elven Otra. Når man begynte å tømme innholdet som var i kontainerne (**A**) i (**B**) ble det et overløp (Fig. 2), som så rant ut i vassdraget. Dette overløpsvannet inneholdt varierende mengder av den giftholdig væsken (**A**) avhengig av tilførselshastighet fra (**A**) til (**B**), samt innblandingsforhold og innblandingstid i (**B**).



**Figur 2. Flyt skjema. A : 4 kontainere á 1000 L Eka ATC 8210 tømmes i oljeavskilleren B, som har direkte avløp til Otrå.**

## 4.2 Metodikk

Endringer i mengden av giftig vann i oljeavskilleren (**B**) i løpet av en tidsperiode ( $\Delta t$ ) er differensen mellom tilførsel av mengde giftig vann fra **A** og mengden blandingsvann fra **B** til Otrå i det samme tidsintervallet (Likning 1). Konsentrasjonen på slutten av det gitte tidsintervall ( $C [ t + \Delta t ]$ ) er lik konsentrasjonen ved tidsintervallets begynnelse ( $C[t]$ ) pluss konsentrasjonsendringen ( $DC$ ) i det samme tidsintervallet (Likning 2).

$$V_B * DC = C_{\text{gift}} * Q_{\text{gift}} * \Delta t - C * Q_{\text{gift}} * \Delta t$$

eller

$$DC = = (C_{\text{gift}} * Q_{\text{gift}} * \Delta t) / V_B - (C * Q_{\text{gift}} * \Delta t) / V_B \quad (1)$$

$$C [ t + \Delta t ] = C(t) + DC \quad (2)$$

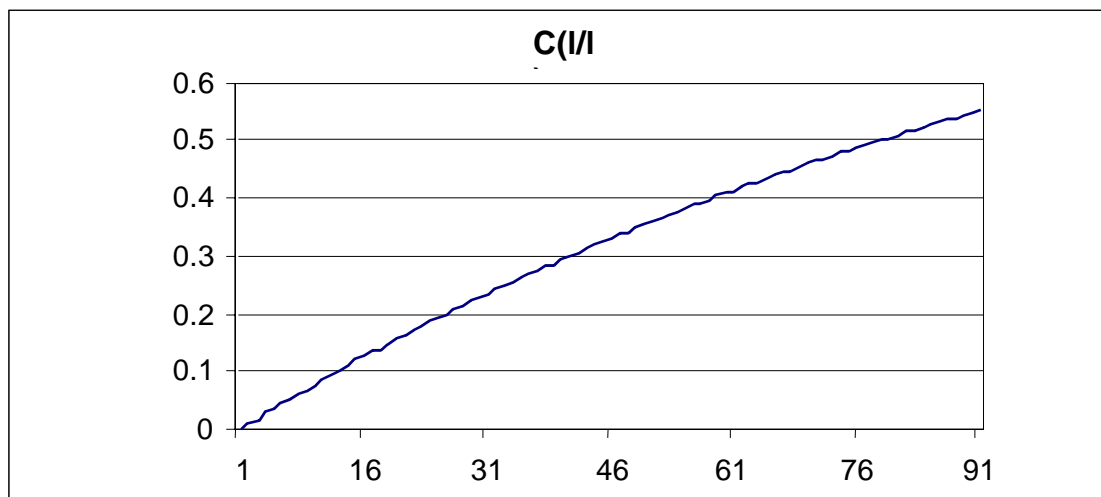
$C_{\text{gift}}$  : Konsentrasjon av giftig væske som strømmer inn i oljeavskilleren **B** = 1.0

$Q_{\text{gift}}$  : Vannføring av giftig væske inn og ut av **B** i  $L \text{ min}^{-1} = 4000 \text{ L} / 90 \text{ min} = 44 \text{ L} / \text{min}$

$C$  : Konsentrasjon av giftig væske **B** ( $\text{kg L}^{-1}$ ) eller andel giftig væske per liter ( %)

$V_B$  : Volumet av tanken = 5000 L

Disse to likningene løses ved numerisk iterasjon hvor vi antar at tilførselen av giftig væske fra de 4 kontainerne **A** til oljeavskilleren **B** umiddelbart blandes fullstendig i **B**. Ved tid 0 vil konsentrasjonen i giftig vann fra **A** være = 0. Etter dette vil konsentrasjonsendringene av giftig vann i tank **B** beregnes ved Likning 1. Ved å kjenne konsentrasjonen i **B** ved et gitt tidspunkt kan vi beregne konsentrasjonene i tanken ved et senere tidspunkt. Ved en slik metode kan vi beregne konsentrasjonene i tanken gjennom hele utslipps perioden som var på 90 minutter. Resultatet av beregningene er vist i figurene 3 og 4.



**Figur 3. Teoretisk beregnet andel av giftig vann som strømmet ut i Otra. Dette økte fra 0 til 0,55 i løpet av 90 minutter. Andelen ble korrigert til fra 0 til 0,6 i samsvar med analyseresultatene.**

### 4.3 Beregnet mengde utslipp til Otra

Med ovenfor nevnte metode har vi beregnet at etter 90 minutter var 55 % av vannet som strømmet ut i Otra fra **B**, giftig vann fra **A** (Fig. 3). I den perioden utslippet varte ( 90 minutter) økte konsentrasjonen av *Eka ATC 8210* i avløpet fra **B** jevnt fra 0 til 55%. Da de fire kontainerne til sammen inneholdt 4000 L giftig væske (**A**), innebar dette at 1250 L av det giftige stoffet rant ut i Otra, mens de resterende 2750 L ble liggende igjen i **B** (Fig. 4).

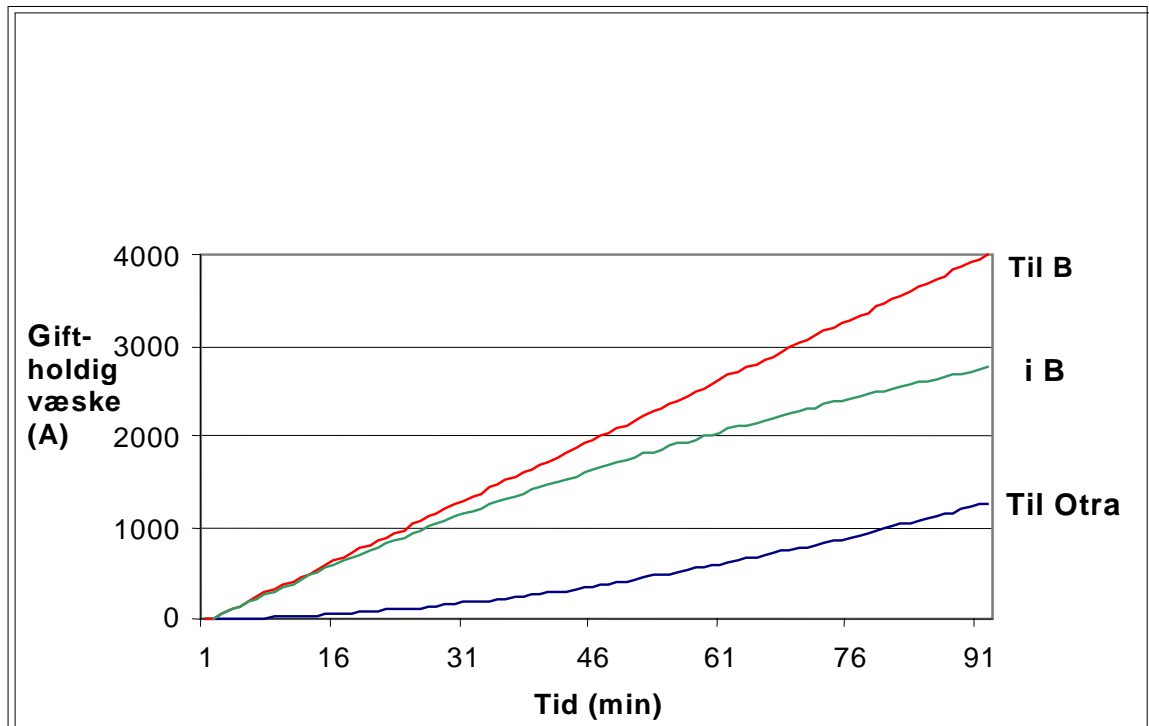
Disse beregningene ble kontrollert mot resultatene av de kjemiske analysene (tabell 4), som var utført på væsken som var igjen i oljeavskilleren, **B**, etter utslippet til Otra hadde funnet sted. Dataene viste her at 60 % av prøven fra **B** besto av den giftige væsken *Eka ATC 8210*, mens våre beregninger viste noe mindre ca 55 %.

På bakgrunn av analyseresultatet velger vi å justere modellen i forhold til analyseverdiene. Dette betyr at avløpsvannet fra **B** til Otra hadde et innhold av **A** som økte jevnt fra 0 til 60 % i løpet at utslippstiden på 90 minutter. Dette betyr at ca 1000 L av den giftige væsken *Eka ATC 8210* fra **A** har kommet ut i elven, mens de resterende 3000 L ble liggende igjen i **B**.

- Den giftige væsken **A** hadde et aluminiuminnhold på  $67 \text{ g Al L}^{-1}$ .
- Konsentrasjon av aluminium i **B** når containerne var tømte og avløpet hadde stoppet var da  $67 \text{ g L}^{-1} \cdot 0.60 = 40.2 \text{ g Al L}^{-1}$ .

- Mengde avløpsvann som hadde rent ut fra **B** = 4000 L
- Utslippets varighet: 90 minutter
- Utslippshastigheten av væske fra **B** var  $4000 \text{ L} * 90 \text{ min.}^{-1} = 0.74 \text{ L sek}^{-1}$ .
- Vannføringen i Otra var mens utslippet pågikk  $194 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ .
- Maksimal konsentrasjon i Otra uten noe fortykning blir da:

$$\frac{(40.2 \text{ g/L}) * 0.74 \text{ L/sek}}{194000 \text{ L/sek}} = 153 \text{ } \mu\text{g Al L}^{-1}, (0.153 \text{ mg Al L}^{-1})$$



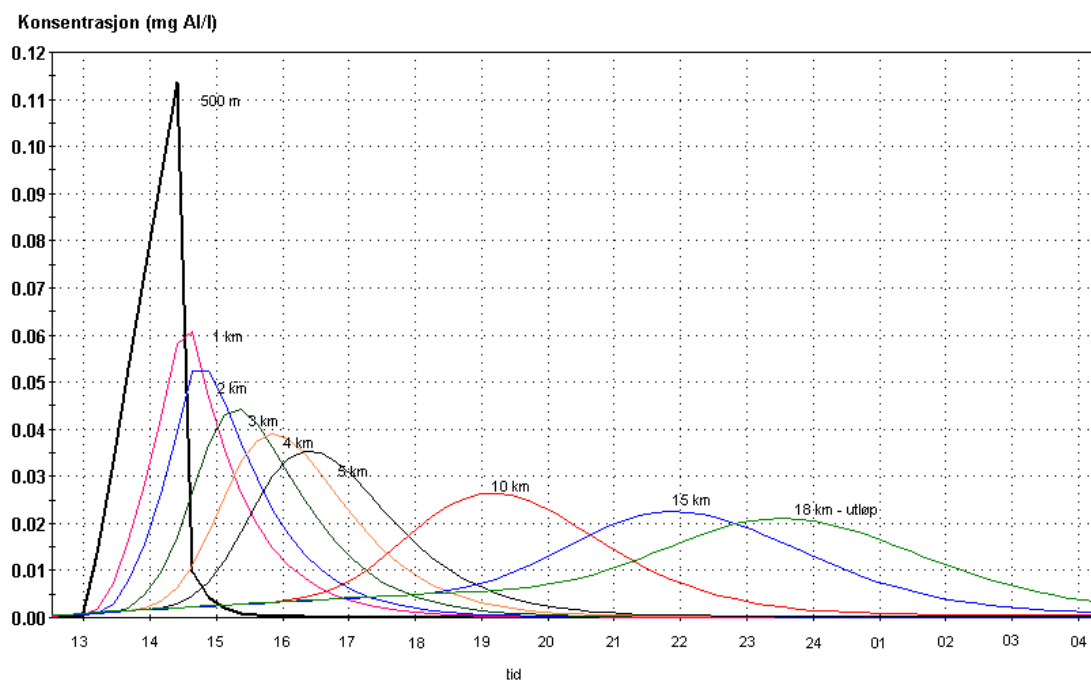
**Figur 4.** De teoretiske beregningene viste at av 4000 liter giftig væske (A) som ble tilført oljeavskilleren (B) i løpet av 90 minutter strømmet 1250 liter ut i Otra. Denne verdien ble korrigert i samsvar med de kjemiske analyseresultatene til 1000 liter Eka ATC 8210.

#### 4.4 Konsentrasjonsutviklingen i Otra nedstrøms utslippspunktet.

For å kunne få informasjon om hvordan dette utslippet og da særlig aluminiumsinnholdet hadde påvirket vannkvaliteten nedstrøms utslippspunktet benyttet vi en matematisk modell: Water Quality Simulation Program (WASP) (Wool m.fl. 2001). Modellen antar en fullstendig blanding av vannet i et tverrsnitt av elva. Dette vil trolig være gyldig nedenfor fossen ved Vigeland.

De simulerte konsentrasjonene i Otra er vist i figur 5 i ulike punkter mellom utslippet og utløpet til sjøen. Vi antar at det aluminiumet sum slippes ut bare i liten grad kompleksbinbdes med det organiske materialet (humus) i elvevannet, og vi ser bort at det finner sted noen felling av aluminium i vassdraget. I de videre vurderingene har vi derfor antatt at alt

aluminium som ble sluppet ut i Otra er på en giftig form og dette kommer i tillegg til det som var av giftige Al-forbindelser i vassdraget fra før.



**Figur 5. Konsentrasjonsøkninger av Total aluminium (mg/L) i Otra den 9. nov. 2001. Etter hvert som stoffet ble transportert nedover elven ble maks. verdiene redusert mens varigheten av forhøye verdier økte. ( 2 km - Vigeland. 5,5 km - Kvarstein. 9,5 km - Strai).**

Ved hjelp av modellen får vi frem at fem hundre meter nedenfor utslippet ble maksimum konsentrasjon estimert til ca.  $0.100 \text{ mg Al L}^{-1}$  ( $100 \mu\text{g Al L}^{-1}$ ). Varigheten av konsentrasjoner  $> 0.01 \text{ mg Al L}^{-1}$  ( $10 \mu\text{g Al L}^{-1}$ ) var noe lengre enn utslippstiden på 1.5 timer. Etterhvert som bølgen forplantet seg nedover elven ble de høye konsentrasjonene redusert på bekostning av den økte varigheten. Ved utløpet til sjøen var maksimumsverdiene redusert til ca.  $0.02 \text{ mg Al L}^{-1}$  ( $20 \mu\text{g Al L}^{-1}$ ), mens varigheten av konsentrasjoner  $> 0.01 \text{ mg Al L}^{-1}$  ( $10 \mu\text{g Al L}^{-1}$ ) var økt til omtrent fem timer. Og i tillegg til disse konsentrasjonene kommer det som var av giftige Al-forbindelser i vassdraget fra før, ca.  $20 \mu\text{g Al L}^{-1}$ .

## 5. Biologiske undersøkelser.

### 5.1 Vassdragets bunnfauna

Parallelt med bedringen av den fysiske - kjemiske vannkvaliteten i nedre deler av Otra har det også vært en positiv utvikling i bunndyrsamfunnene i vassdraget. Etterhvert som surheten avtok er mere følsomme arter kommet tilbake på dette avsnittet av Otra. Dette er først og fremst representert ved at døgnfluenslekten Baetis de siste årene her har vært et fast innslag i bunnfaunen. Disse døgnfluene er særlig følsomme for effekter knyttet til forsurening (Aanes og Bækken 1995).

Studier av vassdragets bunndyrsamfunn er i 2001 grunnlaget for overvåkingen av vannkvaliteten i nedre deler av Otra..

### **5.1.1 Effekter av utslippet den 9. november 2001.**

For å kontrollere om utslippet hadde hatt noen effekt på bunnfaunaen nær utslippspunktet ble bunnfaunaen undersøkt ved Vigeland en 12. november. Prøver ble hentet inn både fra østre og vestre bredd. Det ble brukt standard metode og utstyr av samme type som tidligere bunndyrundersøkelser i vassdraget.

På begge de to lokalitetene som ble undersøkt så bunnfaunaen normal ut. Døgnflue larver fra slekten Baetis var tilstede i stort antall.

Prøvene er konserverte og arkivert, men det har så langt ikke vært behov for å bearbeide dem videre, da bunnfaunaen virket upåvirket av utslippet den 9. November.

## **5.2 Vassdragets fiskefauna**

Otra fra sjøen til fossen ved Vigeland var til inn på 50 tallet en rik lakseelv med årlige fangster på opp til 11.000 kg. Fra 1955 og frem til 1990 har fangstene vært ubetydelige og den gamle bestanden av Otra laks ble utryddet på grunn av forurensingen fra industrien langs vassdraget. Sur nedbør ga etterhvert også en uheldig pH senkning i vassdraget.

På slutten av åttitallet/begynnelsen av nittitallet ser det ut til å være et skifte i den fysiske - kjemiske vannkvaliteten som igjen gjør det levelig for laks og sjøørret i nedre deler av Otra. Laksefisket tar seg opp og organisert salg av fiskekort tar til igjen i 1992. Fangststatistikken viser at det i perioden fra 1992 og frem til i dag har vært fisket til dels betydelige mengder laks i Otra. Dette året topper med en samlet fangst av laks og sjøørret på nær 7.500 kg.

### **5.2.1 Effekter av utslippet den 9. november 2001**

Når utslippet ble meddelt Otra Laxelag ble det fra lagets side slått "full alarm", man hadde friskt i minne episoden fra 1997, og var redd for at noe tilsvarende hadde skjedd igjen. Laxelaget hadde folk ute i vassdraget kort tid etter og i dagene etter. Fra land så man enkelte fisk som var "litt slapp", men man greide kun å fange en slik fisk. Denne ble så tatt vare på og lagt i en fryseboks for eventuell senere prøvetaking.

Inntrykket var så langt, når vi befarte vassdraget på mandagen og gjennom samtaler med representanter fra Laxelaget, at det ikke hadde vært noen akutt forurensing i vassdraget. For å være sikker ble det bestemt at det dagen etter skulle gjennomføres en befarings av de øvre delene av vassdraget ved Vigeland Hovedgård. Til dette skulle man benytte båt og vannkikkert, været var godt egnet til dette. Hensikten var å få bekreftet/avkreftet om det lå død fisk på bunnen.

Befaringen ble foretatt av en representant fra Otra Laxelag og en representant fra Hunsfos Fabrikker ASA. Det var mye fisk på denne strekningen, men det ble ikke registrert funn av død laks eller ørret.

## 6. Diskusjon

Som det framgår av figur 5 så har konsentrasjonsøkningen av giftige Al-former i elva som følge av utslippet, maksimalt øket med ca  $100 \mu\text{g Al L}^{-1}$ , i områdene i nærheten av utslippet. Selv uten noen form for fortynning ville konsentrasjonsøkningen akkurat ved punktet for innblanding mellom oljeavskilleren og elven vært ca  $150 \mu\text{g Al L}^{-1}$ . Episoder med konsentrasjoner  $> 100 \mu\text{g Al L}^{-1}$  har derfor vært svært kortvarig og kun i områder nær utslippspunktet.

Otra er fra før noe forsuret, slik at bakgrunnskonsentrasjonene av giftige Al-former sannsynligvis har ligget på ca  $20 \mu\text{g Al L}^{-1}$  (Tabell 3). Temperaturen i elva er ikke målt, men vi vil anta at den var på  $6-8^{\circ}\text{C}$  på det tidspunktet utslippet fant sted.

Poléo m fl. (1994) gjorde kontrollerte eksponeringsstudier i 1990 med lakseparr i elva Audna (Sør Audnedal kommune). Under disse forsøkene var temperaturen i elven  $6.5-7.0^{\circ}\text{C}$  og laks ble eksponert for henholdsvis  $140 \mu\text{g Al L}^{-1}$  (surt vann) og  $70 \mu\text{g Al L}^{-1}$  (surt vann blandet med kalket vann) av giftige aluminiumsformer. I begge eksponeringene ble det ikke registrert fiskedød i løpet av 24 timers eksponering., mens ca 25% dødelighet ble registrert i det sure vannet tilført kalket vann etter 48 timer, og ca 5% dødelighet i rent surt vann etter samme eksponeringstid.

## Konklusjon

Det kalde vannet i Otra under utslippet, i kombinasjon med moderate økninger i giftige Al-forbindelser over en relativt kort tid, gjør at skadene av utslippet i elva sannsynligvis har vært svært marginale.

Laksen er blant de mest følsomme vannorganismer vi kjenner til med hensyn til tålegrense for giftige former for aluminium. Dette gjør at vi også anser skadene på annen flora og fauna i elva som minimal.

Fisk som ikke dør eller er døende etter å ha blitt eksponert for forhøyde konsentrasjoner av giftige aluminiums - former vil raskt restitueres når vannkvaliteten igjen blir god.

De mest følsomme stadiene for laksen er smoltstadiet om våren. Utslippet var på høsten hvor følsomheten for laksen er noe høyere.

På bakgrunn av de opplysninger vi nå har om dette utslippet er det lite trolig at utslippet den 9. november 2001 har hatt noen biologiske effekter som kan virke negativt inn på fremtidige forhold i vassdraget.

Det er lite trolig at utslippet den 9. november 2001 har hatt noen biologiske effekter som kan virke negativt inn på fremtidige forhold i vassdraget.



## 7. Referanser:

Aanes, K. J. and T. Bækken (1995). Acidification. Use of macroinvertebrates to classify water quality. Norwegian Pollution Control Authority - Norwegian Institute for Water Research. LNR 3338 - 1995. 47 pages.

Aanes; K. J. og E. Lyersen. (1997). Konsekvens utredning. Laksedød, Otra. Norsk institutt for vannforskning, O-97138, LNR 3806 - 98, 86 sider

Kroglund, F., Larsen, B.M., Kaste, Ø. Og K. J. Aanes. (2001) Tiltaksorientert overvåking av Otra i 2000. Norsk institutt for vannforskning, O-97034, LNR 4429-2001, 68 sider.

Poléo, A.B.S., Lydersen, E., Rosseland, B.O., Kroglund, F., Salbu, B., Vogt, R.D., Kvellestad, A. (1994) Increased mortality of fish due to changing Al-chemistry of mixing zones between limed streams and acid tributaries. *Water, Air, Soil Pollut.*, 75, 339-351.

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**

**Tabell 4. Analyseresultater fra prøvetaking i Otra den 9. november 2001. Blandprøve tank er resultater fra prøve tatt av væsken som var igjen i oljeavskilleren. Prøvetakingslokalitetene er vist i figur 1.**

	Prøve tatt	Mottatt	pH	KON D	ALK	Tot-N/L	NO3-N	TOC	TOC/DC	Cl	SO4	Al/A	Al/R	Al/II	Al/ICP	Ca	K	Mg	Na
		NIVA Oslo		mS/m	mmol/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg C/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
			A 1	A 2	C 1	D 6-1	D 3	G 4-2	G 5-2	C 4-2	C 4-2	E 3-1	E 3-2	E 3-2	E 9	E 9-1	E 1	E 9-1	E 9-1
Kl 16.43 v/Vigeland Hovedgård	09. 11. 2001	14.11. 2001	5,79	1,32	0,046	250	102	3,2		1,5	1,52	149	81	61		0,82	0,19	0,18	1,04
Kl 16.56 3m ut v/Vigel. Hovedg.	09. 11. 2001	14.11. 2001	5,81	1,32	0,047	230	102	3,1		1,51	1,51	172	82	62		0,78	0,18	0,18	1,05
Kl 17.00 v/Vigeland Hovedgård	09. 11. 2001	14.11. 2001	5,81	1,31	0,046	220	102	3		1,49	1,52	159	84	62		0,78	0,18	0,18	1,05
Kl 17.15 v/innkj. Vigel. Hoved.	09. 11. 2001	14.11. 2001	5,89	1,42	0,048	250	111	3,8		1,64	1,65	144	75	60		0,85	0,21	0,19	1,13
Kl 18.00 Bro v/Kvarstein	09. 11. 2001	14.11. 2001	5,81	1,34	0,046	235	102	3,1		1,52	1,53	130	81	61		0,87	0,19	0,21	1,06
<b>Tank bland prøve B</b>	12. 11. 2001	14.11. 2001	2,55	109	m		2400		2090				m	m	42000	54	83	81	2730

**Analysemetoder :**

	pH	KOND	ALK	Tot-N/L	NO3-N	TOC	TOC/DC	Cl	SO4	Al/A	Al/R	Al/II	Al/ICP	Ca	Na	Mg	K
		mS/m	mmol/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg C/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Metode :	NS 4720	NS - ISO 7888	NS EN- ISO 9963-1	NS 4743	NS 4745	ASTM D 4779	NS ISO 8245	DC 500	EN ISO 10304-1	NS 4799	Røgeberg & Henriksen		ISO/DIS 11885	ISO/DIS 11885		NS 4770	

