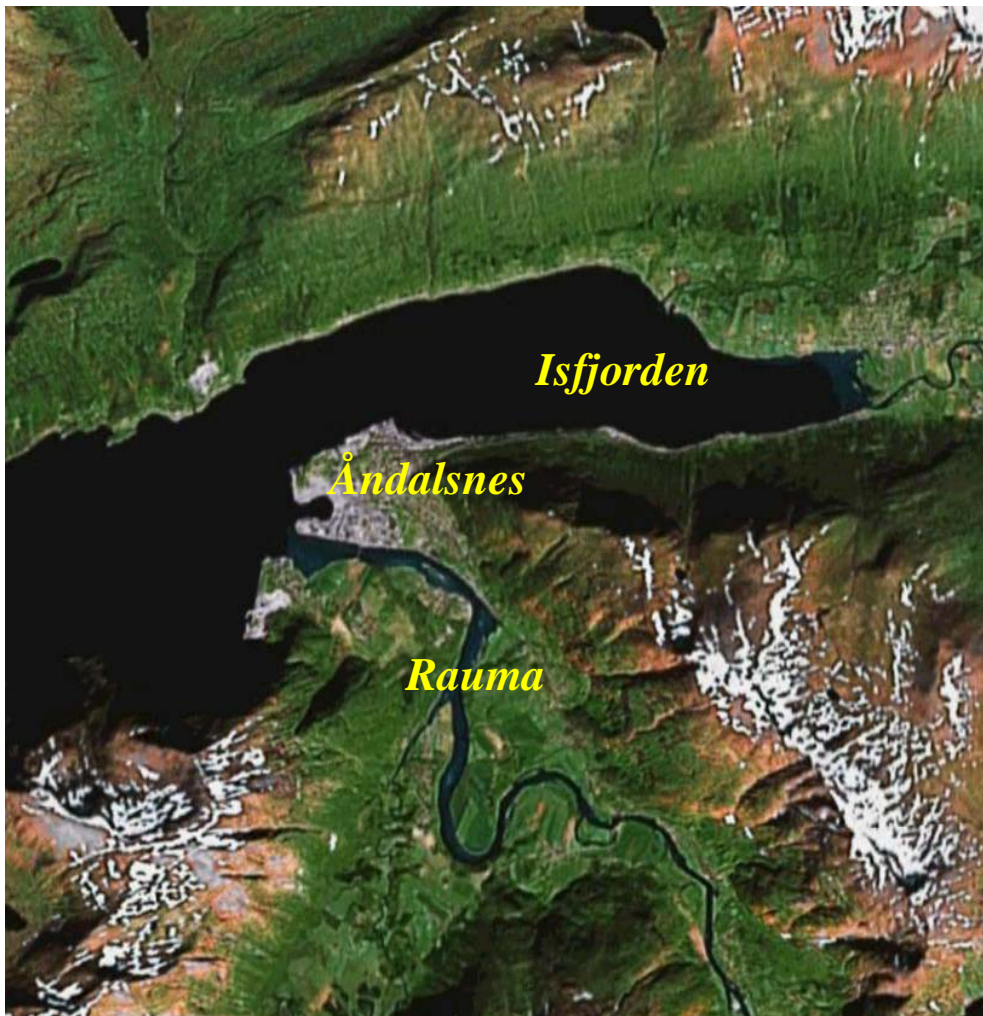




RAPPORT LNR 5296-2006

## Rauma kommune

Undersøkelse for å finne  
miljømessig gunstig  
utslippsdyp for kommunalt  
avløpsvann



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 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**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86  
Telefax (47) 54 63 87

Tittel <b>Rauma kommune.</b> Undersøkelse for å finne miljømessig gunstig utslippsdyp for kommunalt avløpsvann	Løpenr. (for bestilling) 5296-2006	Dato 27.10.2006
	Prosjektnr. Undernr. O-26206	Sider Pris 28
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Møre og Romsdal	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Asplan Viak Sør AS, Enenveien 2A, 6416 Molde	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag**

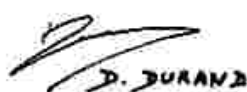
Rauma kommune planlegger utslipp av kommunalt avløpsvann utenfor RA9 på Åndalsnes og det er risiko for at avløpsvannet kan komme i kontakt med munningsområdet til Rauma. Tilsvarende gjelder for det kommunale utslippet i Isfjorden. Det er gjort målinger og beregninger for å finne en kombinasjon av utslippsdyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet fra de to utlippene ikke påvirker vannkvaliteten i fjordens overflatelag, og at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med de to elvemunningene.

Det anbefales diffusor på begge utlipp. Utenfor munningen av Rauma kan det likevel forekomme sjeldne situasjoner der avløpsvann innblandes i overflatelaget, men vil neppe i merkbar grad påvirke vannkvalitet eller biologi i elvemunningen. For Isfjorden bør en diffusor kunne sikre at avløpsvannet ikke påvirker elvemunningen.


<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rauma</li> <li>2. Kommunalt avløpsvann</li> <li>3. Avløpsdirektivet</li> <li>4. Elvemunning</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rauma</li> <li>2. Municipal wastewater</li> <li>3. Urban wastewater directive</li> <li>4. Estuary</li> </ol>
---	---



Prosjektleder



Forskningsleder



Fag- og markedsdirektør

O-25322

**Rauma kommune**

Undersøkelse for å finne miljømessig gunstig  
utslippsdyp for kommunalt avløpsvann

## **Forord**

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for Asplan Viak AS, Molde, i samsvar med NIVAs prosjektforslag av 4.10. 2005 og kontrakt datert 5.5.2006.

Vi takker siv. ing. Odd Løvoll, Asplan Viak, og Dag Søvik, Rauma kommune, for samvittighetsfull oppfølging av feltarbeidet og framskaffelse av data som var nødvendige for å gjennomføre prosjektet.

Oslo, 27.10.2006

*Jarle Molvær*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Bakgrunn og formål</b>	<b>7</b>
<b>2. Metodikk og data</b>	<b>10</b>
2.1 Metodikk	10
2.2 Data	12
<b>3. Resultater og vurderinger</b>	<b>13</b>
3.1 Målinger av temperatur og saltholdighet	13
3.2 Beregning av innlagingsdyp for avløpsvannet	15
3.2.1 Utslippet utenfor munningen av Rauma	15
3.2.2 Utslippet i Isfjorden	20
<b>4. Litteratur</b>	<b>23</b>
<b>Vedlegg A. Hydrografiske data fra stasjon R3</b>	<b>24</b>

## Sammendrag

Rauma kommune planlegger nytt primærrenseanlegg for Åndalsnes. Det planlagte utslippet av kommunalt avløpsvann fra RA9 ligger så nær munningen av Rauma at det er mulig utslippet kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger. **Formålet** med dette prosjektet er å:

- *Finne en kombinasjon av utslippsdyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet for begge utslipp innlagres så dypt at det ikke kommer i kontakt med overflatelaget i fjordområdet*
- *for utslippet ved RA9: avløpsvannet skal ikke komme i kontakt med munningen av Rauma*
- *for utslippet av kommunalt avløpsvann innerst i Isfjorden: avløpsvannet skal ikke komme i kontakt med den nærliggende elvemunningen*

For å skaffe datagrunnlag for beregningene av innlagringsdyp for avløpsvannet ble det målt 10 vertikallprofiler av temperatur og saltholdighet utenfor munningen av Rauma og 7 profiler i Isfjorden i tidsrommet mai-september 2006. Det er utført beregningene med tre ulike vannmengder, to strømhastigheter og 1-2 utslippsdyp. I utgangspunktet 42-60 utslippskombinasjoner.

### **Utslippet fra RA9:**

For 9 av de 10 tidspunktene da det ble gjort målinger i fjorden viser beregninger at avløpsvannet innlagres i 18-30 m dyp. Dvs. det kommer ikke i kontakt med munningen av Rauma.

Den 5.5.2006 var den vertikale sjiktningen i utenfor munningen av Rauma svært svak og det er vanskelig å oppnå innlagring av avløpsvannet. Uten diffusor vil avløpsvannet alltid bli innblandet i overflatelaget når strømhastigheten i fjorden er liten (våre beregninger: 2 cm/s). Ved sterkere strøm (10 cm/s) innlagres avløpsvannet ved utslipp av 15-20 l/s, men ikke ved vannmengder som 80-120 l/s. Når situasjonen er som målt den 5.5.06 synes selv ikke en diffusor å kunne forhindre at avløpsvannet når overflatelaget når vannmengden er stor (80-120 l/s) og strømhastigheten er liten. Ved sterkere strøm innlagres avløpsvannet for vannmengder opp til 100 l/s.

### *Sett i forhold til*

- *vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca.10-15 m dyp*
- *at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet*
- *at datamaterialet er forholdsvis tynt og at man derfor legger inn en viss margin*

*viser resultatene dermed at man risikerer at målet ikke oppnås i situasjoner når den vertikale sjiktningen nærmest er fraværende (lite ferskvann i fjorden) og strømhastigheten i fjorden er liten. Eneste mulighet for innlagring er da en diffusor med mange og små hull, men selv den kan gi gjennomslag til overflatelaget ved kombinasjonen av stor mengde avløpsvann og liten strømhastighet. Vi vet ikke hvor ofte slike situasjoner inntreffer, men vil tro at de er sjeldne.*

På den annen side kan man kanskje ta i betraktning at når avløpsvann fra RA9 stiger så høyt at det blandes inn i overflatelaget, så vil dette sannsynligvis i liten grad påvirke tilstanden i selve munningen av Rauma. Dels fordi slike situasjoner inntreffer sjelden, dels fordi avløpsvannet da allerede er fortynt 100-400x med sjøvann og dels fordi strømrretningen i overflatelaget (retningen av brakkvannsstrømmen) til vanlig er rettet bort fra elvemunningen. Hvis tiden tillater kan det være nyttig med flere målinger på stasjon R3 for bedre å kunne bedømme hvor ofte situasjoner som observert den 5.5.2006 forekommer.

Man kan vurdere å flytte utslippet lenger bort fra munningen av Rauma, for eksempel mot stasjonene R4 eller R5 (**Figur 1**). Det reduserer ikke risikoen for at avløpsvannet iblant innblandes i overflatelaget, men reduserer risikoen for påvirkning av munningen av Rauma. Hvorvidt en slik flytting medfører andre konflikter, eller teknisk/økonomiske problemer, er ikke vurdert her.

**Utslipet til Isfjorden:**

Sett i forhold til

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca.10 m dyp
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet
- at datamaterialet er forholdsvis tynt og at man derfor legger inn en viss margin

viser resultatene at man uten diffusor sannsynligvis får situasjoner da målet ikke oppnås. Bruk av en diffusor – og fortrinnsvis i 22 m dyp – bør kunne forhindre at avløpsvannet kommer i kontakt med elvemunningen.

# 1. Bakgrunn og formål

Rauma kommune er i gang med planleggingen av nytt primærrenseanlegg for Åndalsnes. I hovedalternativet inngår RA9 ved Raumas utløp, med nytt silanlegg for 7700 pe (**Figur 1**).

Kommunen ønsker et utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet ikke stiger opp til overflata. RA9 ligger så nær munningen av Rauma at det er risiko for at utslippet kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger.

En elvemunning er vanligvis karakterisert av tre forhold (se også **Figur 3**):

1. Et overflatelag med lav og vekslende saltholdighet.
2. Utgående strøm i overflatelaget og inngående strøm like under dette.
3. Biologiske forhold som er tilpasset dette spesielle miljøet.

For å fjerne et utslipp fra en elvemunning kan det flyttes i to retninger:

- Horisontalt utover i fjorden: avhengig av størrelsen av ferskvannstilførselen og topografi kan det dreie seg om forflytning på mange kilometer.
- Vertikalt: de forholdene som karakteriserer elvemunningen er oftest avgrenset til de øverste 5-10 m av vannmassen. Dermed er det et alternativ å etablere et dyputslipp der avløpsvannet innlagres godt under elvemunningen (se **Figur 3**). Dette forutsetter selvfølgelig at resipienten ellers "tåler" den mengden av næringssalter og organisk stoff som utslippet fører med seg.

I møte den 5.5.2006 mellom Rauma kommune, Asplan Viak og NIVA ble formålet med prosjektet definert som:

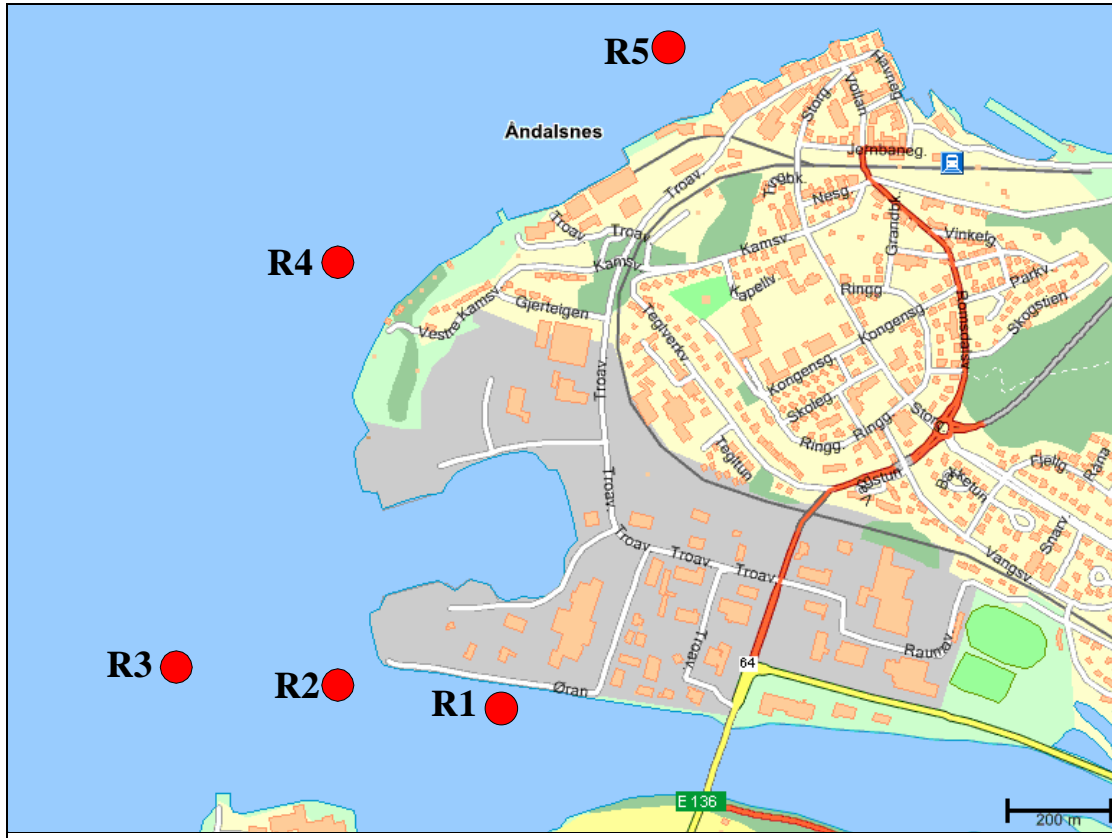
*Finne en kombinasjon av dyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet fra de to utslippene*

1. *Ikke kommer i kontakt med elvemunninger i området.*
2. *ikke medfører forurensning av overflatelaget ved utslippsstedet*

Med "utslippsarrangement" menes det at man både skal utrede utslipp gjennom 1 hull og gjennom en diffusor. Dette er problemstillinger som NIVA er vel kjent med (se Molvær et al. 2002 og Molvær og Velvin 2004). I praksis vil ofte en løsning som oppfyller pkt. 1 samtidig oppfylle pkt. 2.

Kort tid etterpå ble prosjektet utvidet til å omfatte vurdering av det nåværende kommunale utslippet til Isfjorden (**Figur 2**).

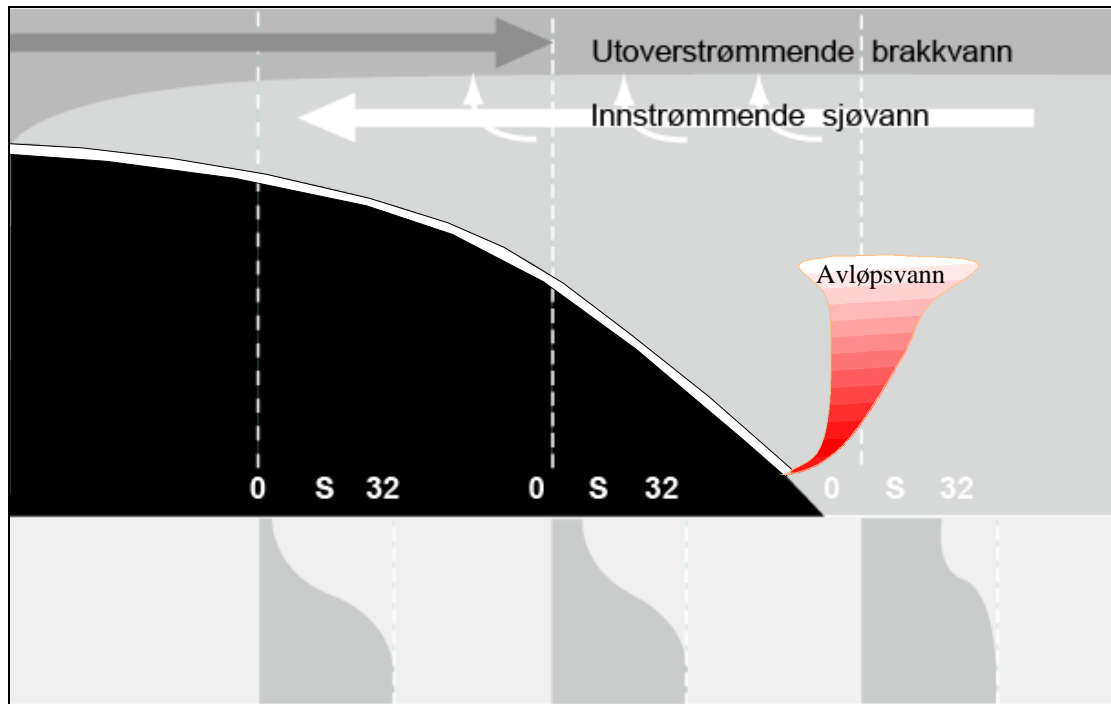




**Figur 1.** Åndalsnes. Målepunktene er vist med sirkler. Utslippet fra RA9 er planlagt ved stasjon R3 og dataene fra denne stasjonen er brukt i beregningene



**Figur 2.** Isfjorden. Målepunktene er vist med sirkler. Utslippet ligger ved R7, men fordi flytting mot stasjon R10 kan bli aktuelt er dataene fra sistnevnte stasjon er brukt i beregningene.



**Figur 3.** Skjematisk bilde av strømforhold ved en elvemunning, og hvordan et utslipp kan plasseres for at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Nedre del av figuren antyder hvordan den vertikale saltholdighetsprofilen kan endres med økende avstand fra munningen.

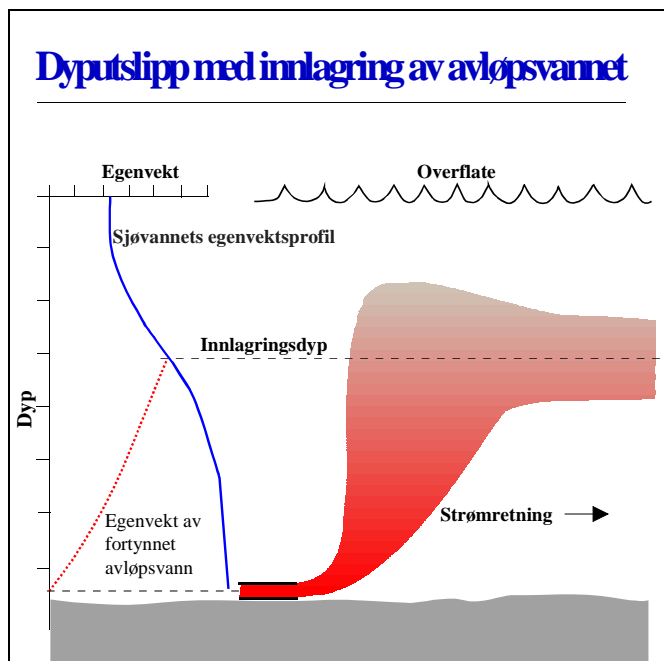
## 2. Metodikk og data

### 2.1 Metodikk

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Det vil derfor begynne å stige mot overflata samtidig som det fortynnes raskt med omkringliggende sjøvann. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 4**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres.

Dette innlagringsdypet kan beregnes og vi bruker da den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, dyp og diameter for utslippsrøret samt strømhastigheten i resipienten. Ved å inkludere disse i modellsimuleringene kan konsentrasjon av de ulike komponentene i gitte avstander fra utslippspunktet beregnes og influensområdet kan kvantifiseres.

For tilfeller der man står rimelig fritt i valg av utslippsdyp, blir beregningene utført for de dypene som er aktuelle. Svært sjelden er det aktuelt med utslippsdyp større enn 40 m. Ved utløpet er Rauma ganske grunn (<5 m). Tatt i betraktning at vi ikke har data for hele året bør det som mål for å holde avløpsvannet unna elvemunningen legges inn en god margin, og en bør derfor ta sikte på at avløpsvannet innlagres dypere enn 10-15 m. I Isfjorden er elvemunningen grunnere og målet bør være innlagring under 10 m dyp.



**Figur 4.** Prinsippkisse som viser hvordan et dyputslipp av avløpsvann fungerer i forhold til innlagring. En forutsetning for innlagring er at egenvekten for fjordvannet øker med dypet (vertikal sjiktning).

I en fjord er der vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet og det fortynnede avløpsvannet kan innlagres uten å nå overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre.

For beregningene av innlagringsdyp og spredning behøves opplysninger om

1. ledningsdiameter
2. vannmengder: 3-4 typiske
3. vertikale profiler av temperatur og saltholdighet
4. strømforhold i innlagringsdypet

Hastigheten av strømmen mellom utslippsdyp og innlagringsdypet har betydning både for innlagringsdypet og for spredningen av det fortynnede avløpsvannet. I dette området vil en forvente et strømbilde preget av virkningen av tidevannsvariasjoner og av skiftende meteorologiske forhold (vind og lufttrykk). I det dypet hvor avløpsvannet er tenkt innlagret vil påvirkningen fra elvemunningen være minimal. Erfaringsmessig skaper dette et strømsystem der hastighet og retning varierer mye, og der hastigheten sjelden blir mer enn 10-12 cm/s.

Strømhastigheten er av betydning for innlagringsdypet. Siden der ikke finnes data fra målinger blir beregningene utført for en lav hastighet (2 cm/s) og en antatt høy hastighet (10 cm/s).

## 2.2 Data

### Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet

Det fantes ikke opplysninger om vertikalfordelingen for temperatur og saltholdighet utenfor Åndalsnes og et måleprogram var derfor nødvendig. Fordi det kunne bli aktuelt å vurdere utslipp på flere lokaliteter ble det gjort målinger på relativt mange lokaliteter. Det samme gjaldt for Isfjorden da målingene startet der. **Figur 1** og **Figur 2** viser plasseringen av målestasjonene.

I tidsrommet 5.5.-8.9.2006 ble det utført målinger av temperatur og saltholdighet med en selvregistrerende sonde av typen SensorData 204 som var stilt til rådighet av NIVA. Målingene ble utført med ca. 14 dagers mellomrom (**Tabell 1**). Sonden registrerte dyp (trykk), saltholdighet, temperatur, dato og klokkeslett med 1 sekunds intervall mens den langsomt ble senket fra overflate og ned til bunnen. Dataene ble lest ut ved å koble sonden til en PC, og sendt over internett til NIVA etter hver måleserie. Dataene fra stasjon R3 er gjengitt i Vedlegg A. Målingene representerer bare 4 måneder, men dekker det meste av sommerhalvåret som er det viktigste tidsrommet i forhold til påvirkning av de biologiske forholdene i elvemunninger.

**Tabell 1.** Dato for målinger. Ved Åndalsnes ble det gjort målinger ved alle datoer. I Isfjorden begynte målingene den 15.6.2006.

Dato	Dato
5.5.2006	14.7.2006
16.5.2006	27.7.2006
1.6.2006	11.8.2006
15.6.2006	25.8.2006
4.7.2006	8.9.2006

### Beskrivelse av utslippene

Rauma kommune har gitt opplysninger om utslippet og disse er sammenfattet i **Tabell 2**. Store deler av avløpsnettets er fellessystem, og det medfører store variasjoner i vannmengden.

**Tabell 2.** Karakteristiske tall for utslippene av kommunalt avløpsvann fra det planlagte RA9 og dagens utslipp til Isfjorden.

Sted	Utslippsdyp	Avløpsledning indre diameter	Vannmengde, l/s		
			80	100	120
RA9 Rauma	Ca. 38 m	314 mm	80	100	120
Isfjorden	Ca. 20 m	184 mm	10	20	40

### 3. Resultater og vurderinger

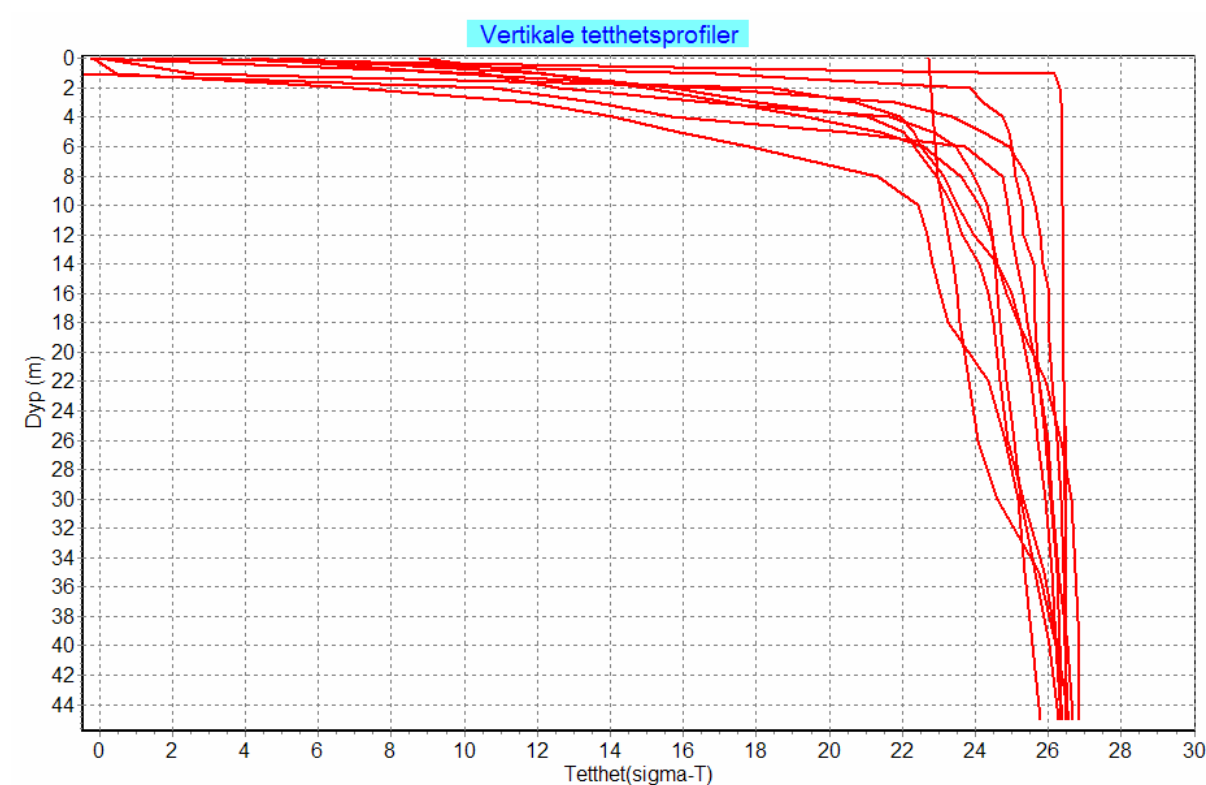
#### 3.1 Målinger av temperatur og saltholdighet

På grunn av varierende ferskvannsavrenning til fjorden og varierende vindforhold (bølger vil bidra til å blande ferskvannet med sjøvann) kan den vertikale tetthetssjiktningen variere mye med tiden.

**Figur 5** viser tetthetsprofilen<sup>1</sup> fra de 10 målingene på stasjon R3 utenfor munningen av Rauma. Som ventet var variasjonene størst nær overflata og mindre dypere nede. Dette viser at selv for utslipp av en konstant mengde avløpsvann kan innlagringsdypet variere mye fra gang til gang.

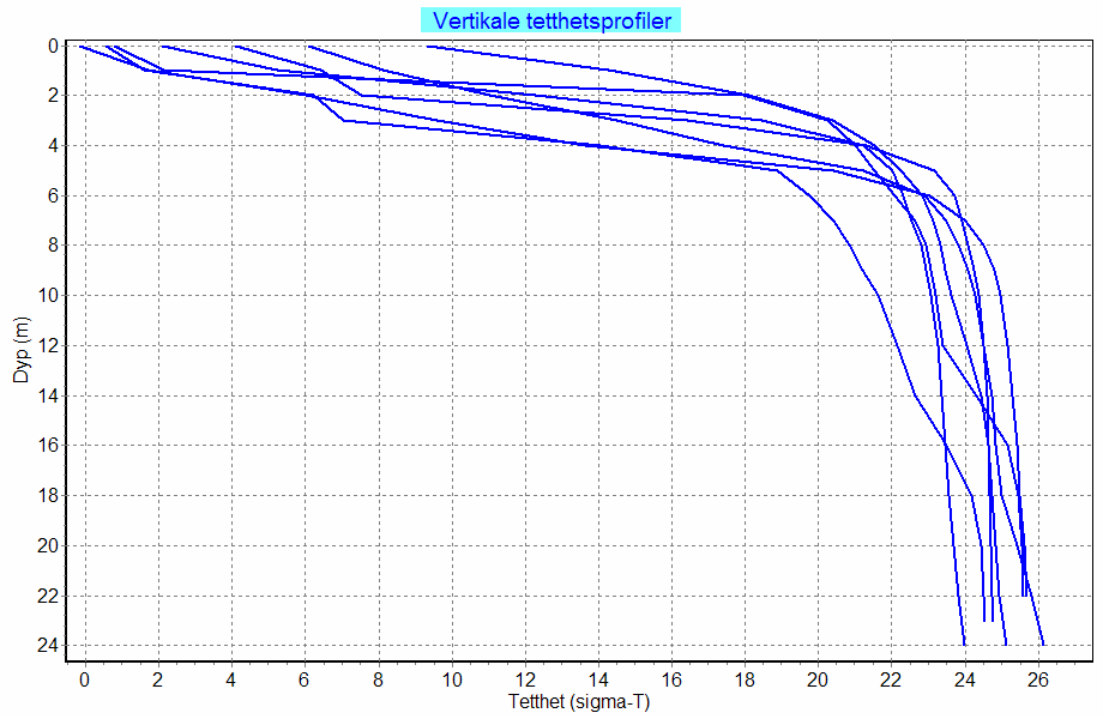
Alle målingene viser et overflatelag med lav egenvekt (i praksis ensbetydende med lav saltholdighet). Med unntak for den 5.5.2005 (se kurven helt til høyre mellom overflate og 26 m dyp) var det markert sjiktning videre nedover til 40-45 m dyp.

I Isfjorden var det markert vertikal sjiktning ved alle syv tidspunktene da det ble gjort målinger (**Figur 6**).



**Figur 5.** Stasjon R3 utenfor munningen av Rauma. Ti vertikalprofiler for tetthet målt med to ukers mellomrom. Merk profilen hvor tettheten er nærmest konstant mellom 2 m dyp og 45 m (målt 5.5.2006).

<sup>1</sup> Sjøvannets tetthet (egenvekt) er beskrevet ved størrelsen  $\sigma\text{-t} = (\text{egenvekten} - 1000)$ , der egenvekten er oppgitt med enheten  $\text{kg/m}^3$ .



**Figur 6.** Stasjon R10 i Isfjorden. Syv vertikallprofiler for tetthet målt med to ukers mellomrom. Alle profiler viser sterk vertikal sjiktning.

## 3.2 Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet

Som beskrevet i Kap. 2.1-2.2 tar beregningene av innlagringsdypet utgangspunkt i vertikalprofilene og tre vannmengder, og utføres for utslipp i de angitte dyp – og med de to valgte strømhastighetene. For RA9 og Isfjorden gir dette hhv. 60 og 42 utslippskombinasjoner.

### 3.2.1 Utslipet utenfor munningen av Rauma

Resultatene for utslipp i 38 m dyp, gjennom en ledning som har et endehull med diameter 314 mm og ved strømhastighet 2 cm/s i resipienten er vist i **Figur 7**. Strålebanene (senterlinjen i ”skyen” med fortynnet avløpsvann) viser hvordan avløpsvannet først stiger og deretter synker noe ned, og vanligvis innlagres mellom ca. 18 m og 30 m dyp (jfr. også **Figur 4**). Figuren viser resultat fra kombinasjoner av alle vertikalprofiler og alle vannmengder, selv om noen kombinasjoner er mindre sannsynlig enn andre. For stor vannmengde stiger avløpsvannet høyt før det innlagres i 10-12 m dyp og for en situasjon (den 5.5.2006) stiger avløpsvannet helt til opp til overflatelaget. Som påpekt ovenfor var det da svært lite vertikal sjiktning under ca. 2 m dyp). Hvorvidt dette er en sannsynlig kombinasjon av vannmengde og vertikalprofil vet vi ikke (se nedenfor). Asplan Viak oppgir 18 l/s som gjennomsnittlig spillvannproduksjon og i tørrværsperioder som gir liten vannføring i Rauma og tynt brakkvannslag kan kanskje en vannmengde på 10-20 l/s være mer realistisk enn 80-120 l/s. Men selv med disse vannmengdene vil avløpsvannet stige helt opp til overflatelaget.

**Figur 8** viser at med økende strømhastighet blir strålebanene flatere og innlagringen kan skje vesentlig dypere, men fortsatt viser beregningene for den 5.5.2006 at avløpsvannet (80-120 l/s) blandes inn i overflatelaget. Derimot vil en vannmengde på 10-20 l/s bli innlagret omkring 20 m dyp (**Figur 9**).

Beregninger for utslipp av samme vannmengder (80-120 l/s) gjennom en diffusor<sup>2</sup> i 38 m dyp er vist i **Figur 10**. Strømhastigheten er 2 cm/s. Dette gir en dypere innlagring enn utslipp uten diffusor og dermed en noe økt sikkerhet mot påvirkning av de øvre 0-10 m i fjorden. Men heller ikke et slikt utslippsarrangement forhindrer at avløpsvannet ved svak strøm (2 cm/s) innblandes i overflatelaget for en vertikalprofil som ble registrert den 5.5.06. Derimot ser det ut til å bli innlagring i 20-25 m dyp hvis vannmengden er 15-20 l/s (**Figur 11**).

I tilfeller med relativt sterk strøm (10 cm/s) innlagres avløpsvannet for alle vannmengder 100 l/s (**Figur 12**).

Som nevnt er beregningene ovenfor gjort for alle kombinasjoner av vannmengder og vertikalprofiler selv om noen kombinasjoner er mindre sannsynlig enn andre. Vi kjenner ikke mengden avløpsvann eller vannføringen i Rauma for tidspunktene da målingene i fjorden ble gjort, men det kan være riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 100-120 l/s (mye overvann) i forhold til situasjoner med forholdsvis mye ferskvann og relativt sterk sjiktning i fjorden. På tilsvarende vis kan det være riktig å bedømme svak sjiktning (lite ferskvann i fjorden) i forhold til situasjoner med liten mengde avløpsvann (lite overvann). Hvis dette er riktig reduseres sannsynligheten for gjennomslag til overflatelaget.

*Sett i forhold til*

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca.10-15 m dyp
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet
- at datamaterialet er forholdsvis tynt og at man derfor legger inn en viss margin

<sup>2</sup> Valg av antall hull og hullenes diameter er gjort etter skjønn, i hovedsak for å illustrere hva som oppnås ved bruk av diffusor.

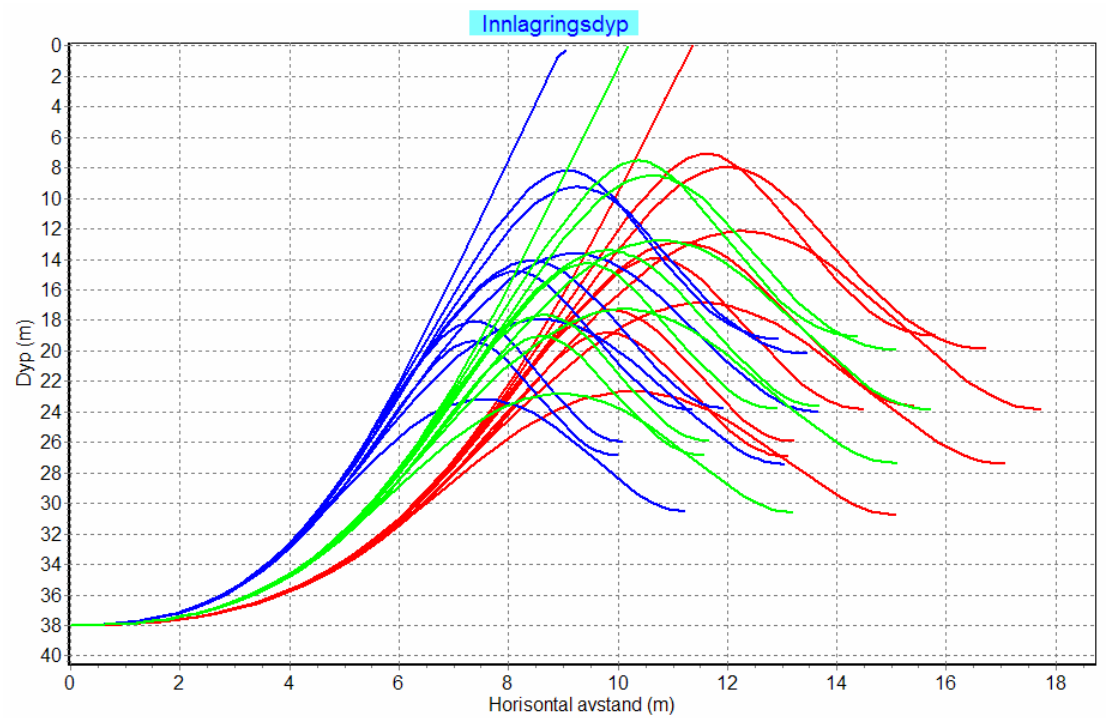


*viser resultatene at man risikerer situasjoner da målet ikke oppnås. Dette er situasjoner da den vertikale sjiktningen nærmest er fraværende og strømhastigheten i fjorden er liten. Ved større strømhastighet innlagres avløpsvannet. Eneste mulighet for innlagring er da en diffusor med mange og små hull, men selv den kan gi gjennomslag til overflatelaget ved kombinasjonen av stor mengde avløpsvann, svak sjiktning (lite ferskvann i fjorden) og liten strømhastighet. Vi vet ikke hvor ofte en slik kombinasjon inntreffer, men vil tro at det er sjelden.*

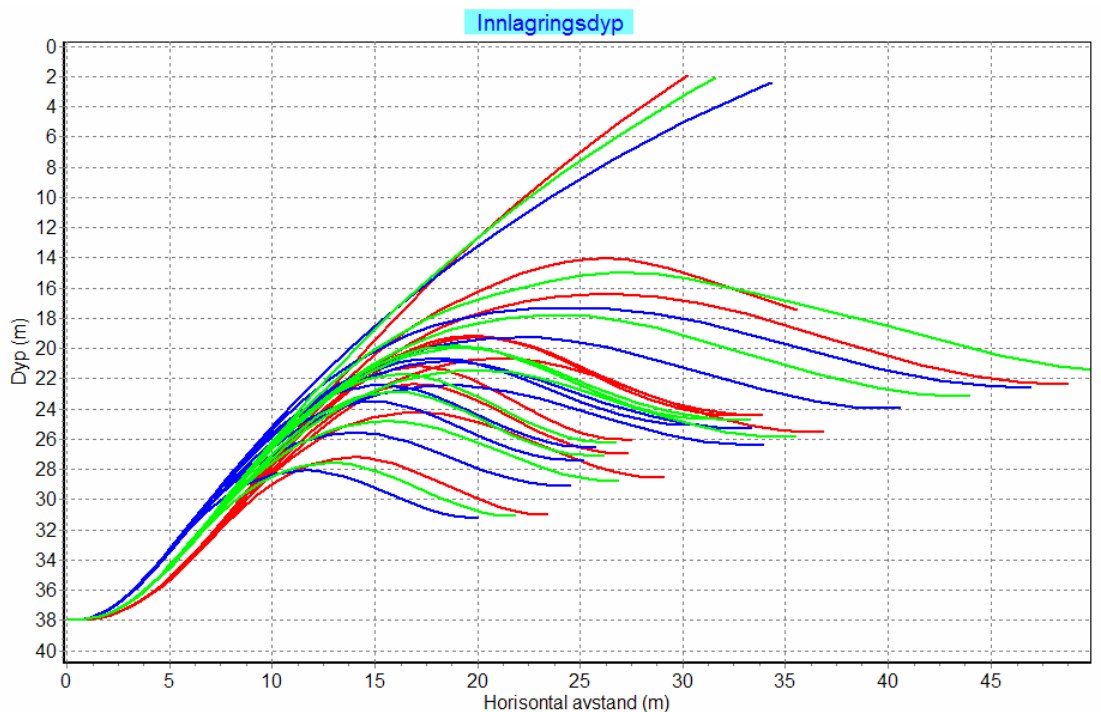
På den annen side kan man kanskje ta i betraktning at når avløpsvann fra RA9 stiger så høyt at det blandes inn i overflatelaget, så vil dette sannsynligvis i liten grad påvirke tilstanden i selve munningen av Rauma. Dels fordi slike situasjoner inntreffer sjelden, dels fordi avløpsvannet da allerede er fortynnet 100-400x med sjøvann og dels fordi strømrretningen i overflatelaget (retningen av brakkvannsstrømmen) til vanlig er rettet bort fra elvemunningen.

Hvis tiden tillater kan det være aktuelt med flere målinger på stasjon R3 for bedre å kunne bedømme hvor ofte situasjoner som observert 5.5.2006 forekommer.

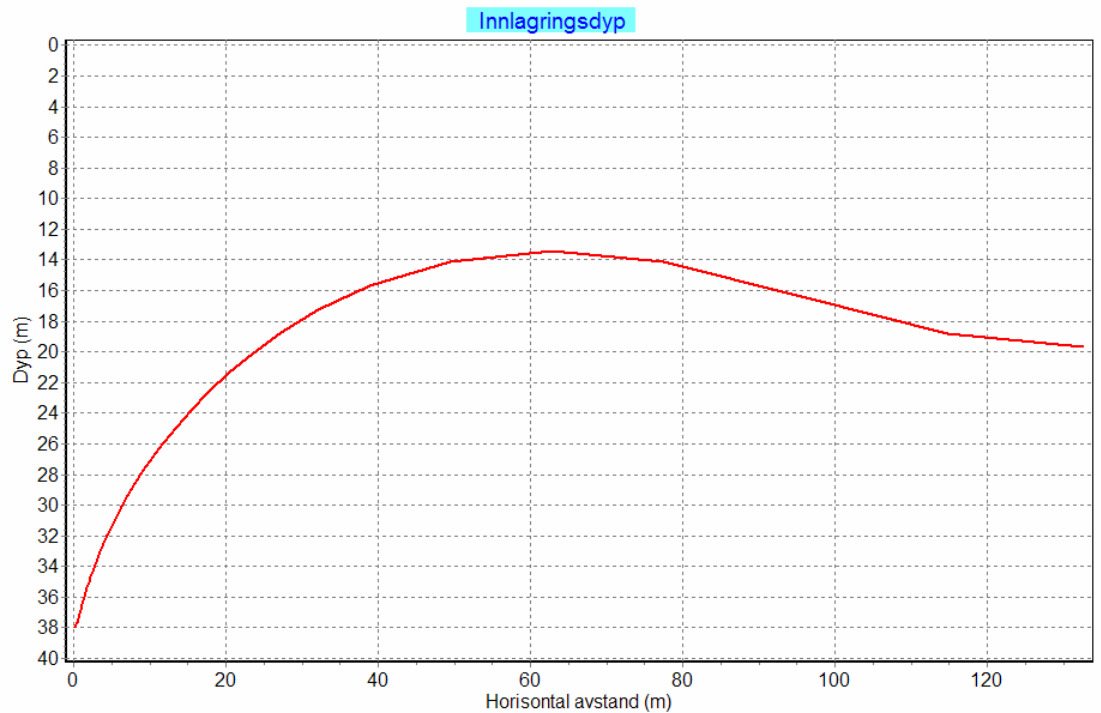
Man kan vurdere å flytte utslippet lenger bort fra munningen av Rauma, for eksempel mot stasjonene R4 eller R5 (**Figur 1**). Det reduserer ikke risikoen for at avløpsvannet iblant innblandes i overflatelaget, men reduserer risikoen for påvirkning av munningen av Rauma. Hvorvidt en slik flytting medfører andre konflikter, eller teknisk/økonomiske problemer, er ikke vurdert her.



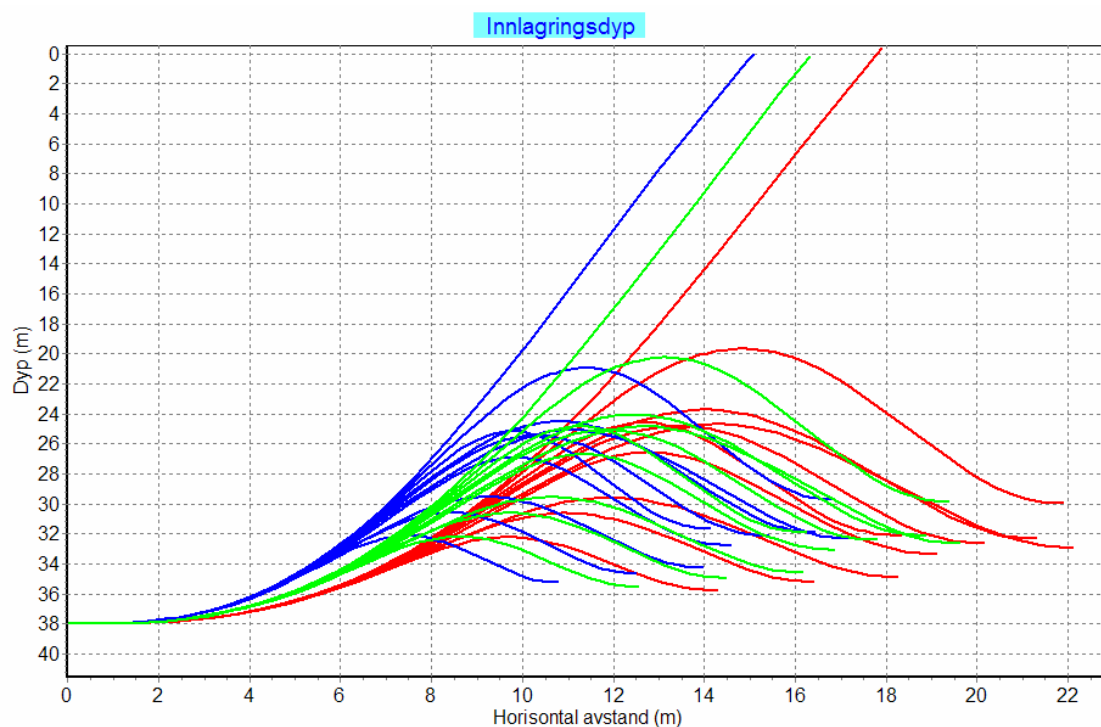
**Figur 7.** Innlagringsdyp ved utlipp i 38 m dyp når vannmengden er 80 l/s (blå linjer), 100 l/s (grønne linjer) og 120 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 2 cm/s. Figuren viser "strålebanene" for de 10 vertikallprofilene. Med unntak for en profil (5.5.06) innlagres avløpsvannet i ca. 18-30 m dyp.



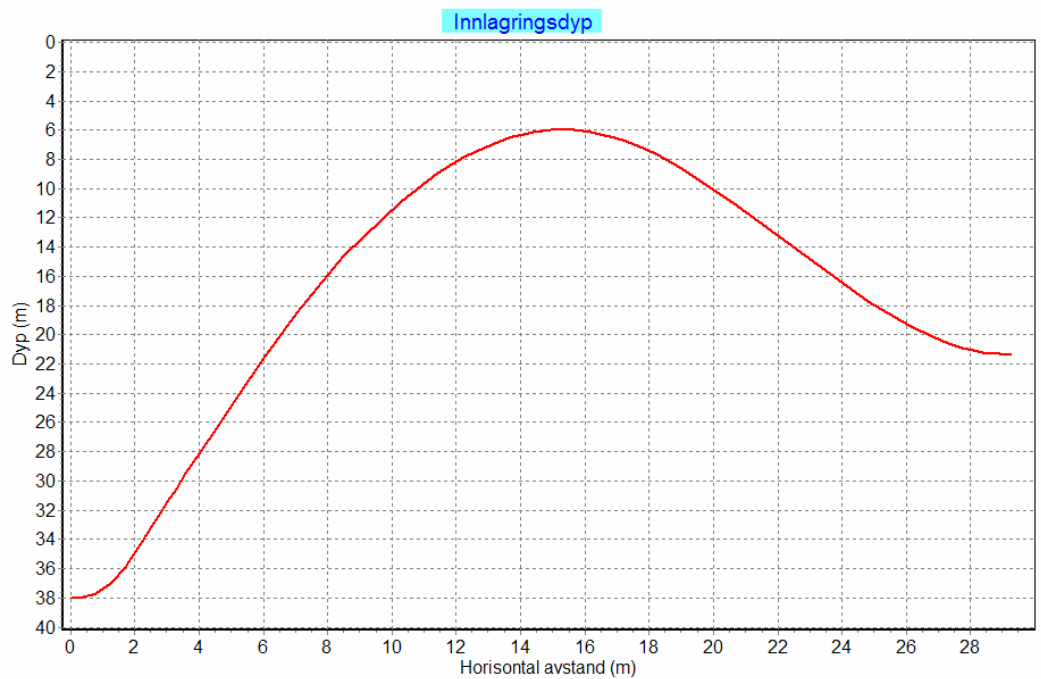
**Figur 8.** Innlagringsdyp ved utlipp i 38 m dyp når vannmengden er 80 l/s (blå linjer), 100 l/s (grønne linjer) og 120 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 10 cm/s. Figuren viser "strålebanene" for de 10 vertikallprofilene. Med unntak for en profil (5.5.06) innlagres avløpsvannet i ca. 20-30 m dyp.



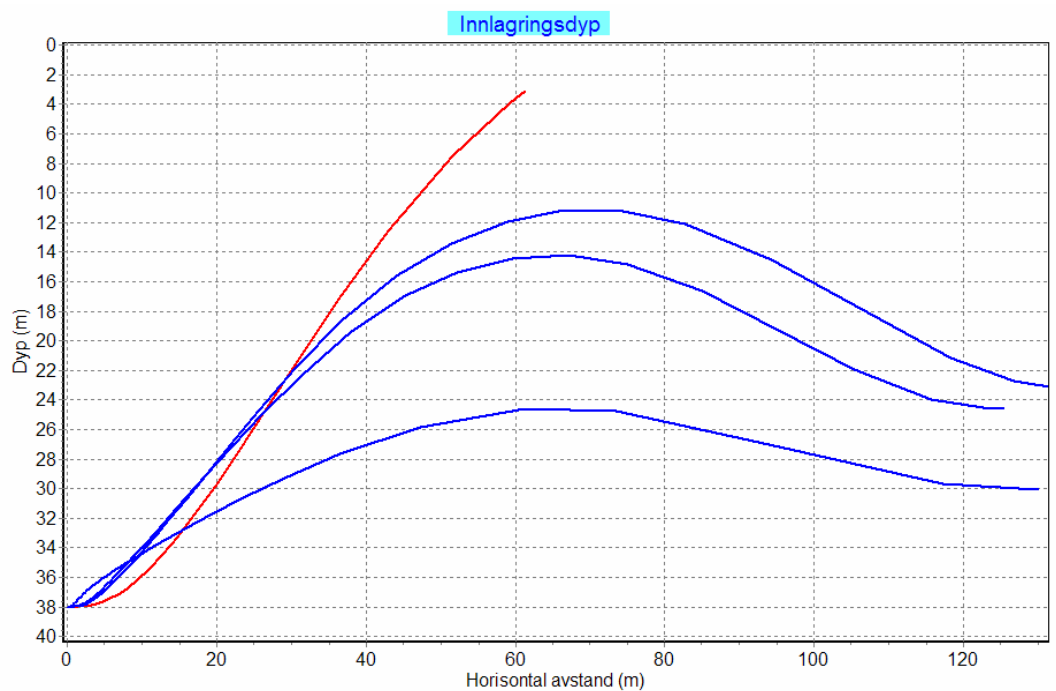
**Figur 9.** *Innlagringsdyp ved utslipp i 38 m dyp den 5.5.2006 når vannmengden er 20 l/s strømhastigheten 10 cm/s. Avløpsvannet innlagres omkring 20 m dyp.*



**Figur 10.** *Innlagringsdyp ved utslipp i 38 m dyp gjennom en diffusor med 12 hull med diameter 5 cm og innbyrdes avstand 2,5 m. Strømhastigheten er 2 cm/s. Vannmengden er 80 l/s (blå linjer), 100 l/s (grønne linjer) og 120 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 2 cm/s. Med unntak for en profil (5.5.06) innlagres avløpsvannet i ca. 30-35 m dyp.*



**Figur 11.** Innlagringsdyp ved utslipp i 38 m dyp den 5.5.2006 gjennom en diffusor med 12 hull med diameter 5 cm og innbyrdes avstand 2,5 m. Strømhastigheten er 2 cm/s. Vannmengden er 20 l/s. Figuren viser at avløpsvannet først stiger opp til sprangsjiktet mellom overflatelaget og sjøvannslaget, for deretter å synke tilbake å innlagres i 20-22 m dyp.



**Figur 12.** Innlagringsdyp ved utslipp i 38 m dyp den 5.5.2006 gjennom en diffusor med 12 hull med diameter 5 cm og innbyrdes avstand 2,5 m. Strømhastigheten er 10 cm/s. Vannmengden er 20, 80, 100 og 120 l/s. Figuren viser for utslipp av 20-100 l/s innlagres avløpsvannet i 22-30 m dyp, men trenger opp til overflatelaget for utslipp av 120 l/s.

### 3.2.2 Utslippet i Isfjorden

Resultatene for utslipp i 20 m og 22 m dyp, gjennom en ledning som har et endehull med diameter 200 mm og ved strømhastighet 2 cm/s i resipienten er vist i **Figur 13**. Strålebanene (senterlinjen ”skyen” med fortynnet avløpsvann) viser hvordan avløpsvannet først stiger og deretter synker noe ned, og innlagres mellom ca. 10 m og 16 m dyp (jfr. også **Figur 4**).

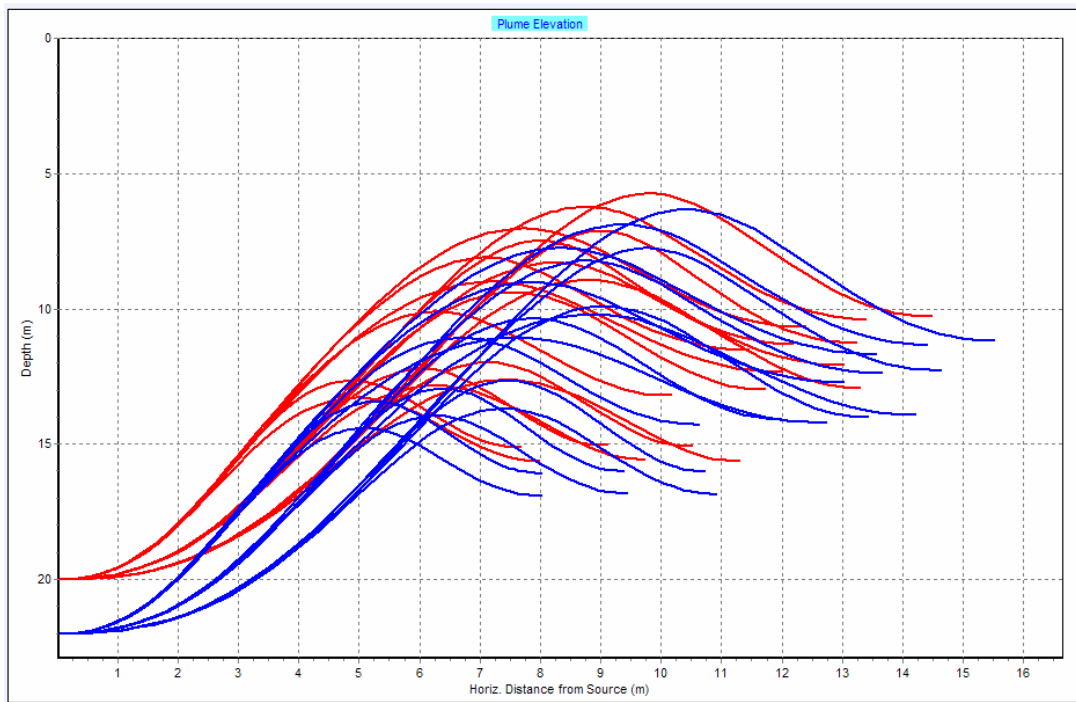
**Figur 14** viser at med økende strømhastighet blir strålebanene flatere og innlagringen vil skje noe dypere (10-18 m dyp).

For å se hva som kan oppnås ved bruk av en diffusor er det gjort beregning for utslipp i 20 m dyp gjennom en diffusor med 6 hull med diameter 5 cm. Strømhastigheten er 2 cm/s. Dette gir innlagring i 15-18 m dyp (**Figur 15**).

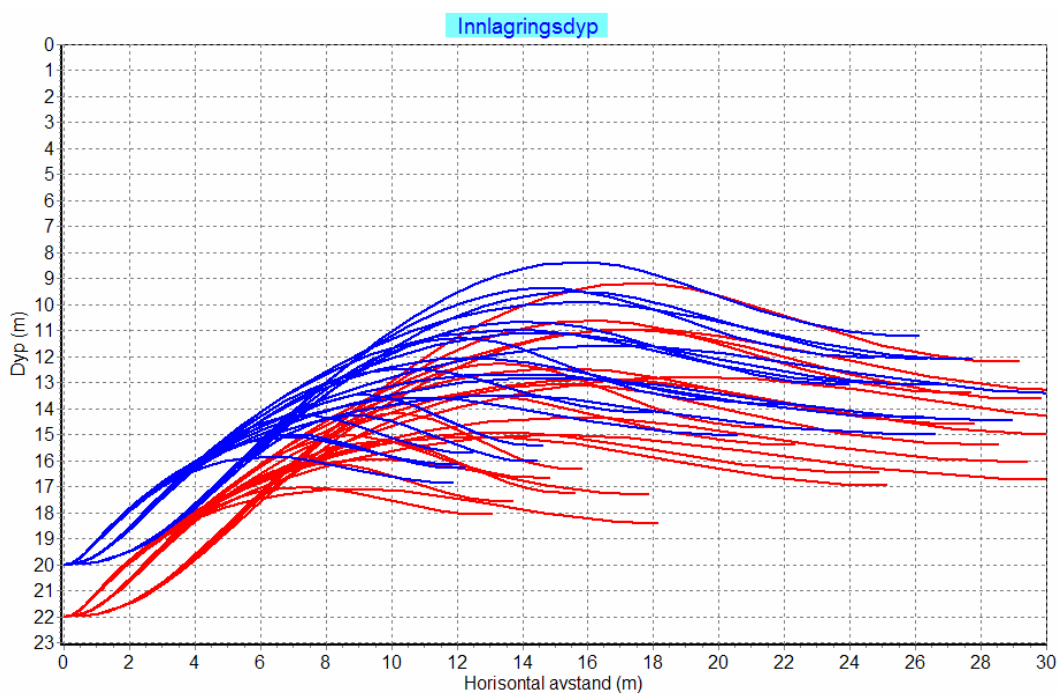
*Sett i forhold til*

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca.10 m dyp
- at toppen av skyen med fortynnet avløpsvann vil ligge høyere enn senterlinjen
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet
- at datamaterialet er forholdsvis tynt og at man derfor legger inn en viss margin

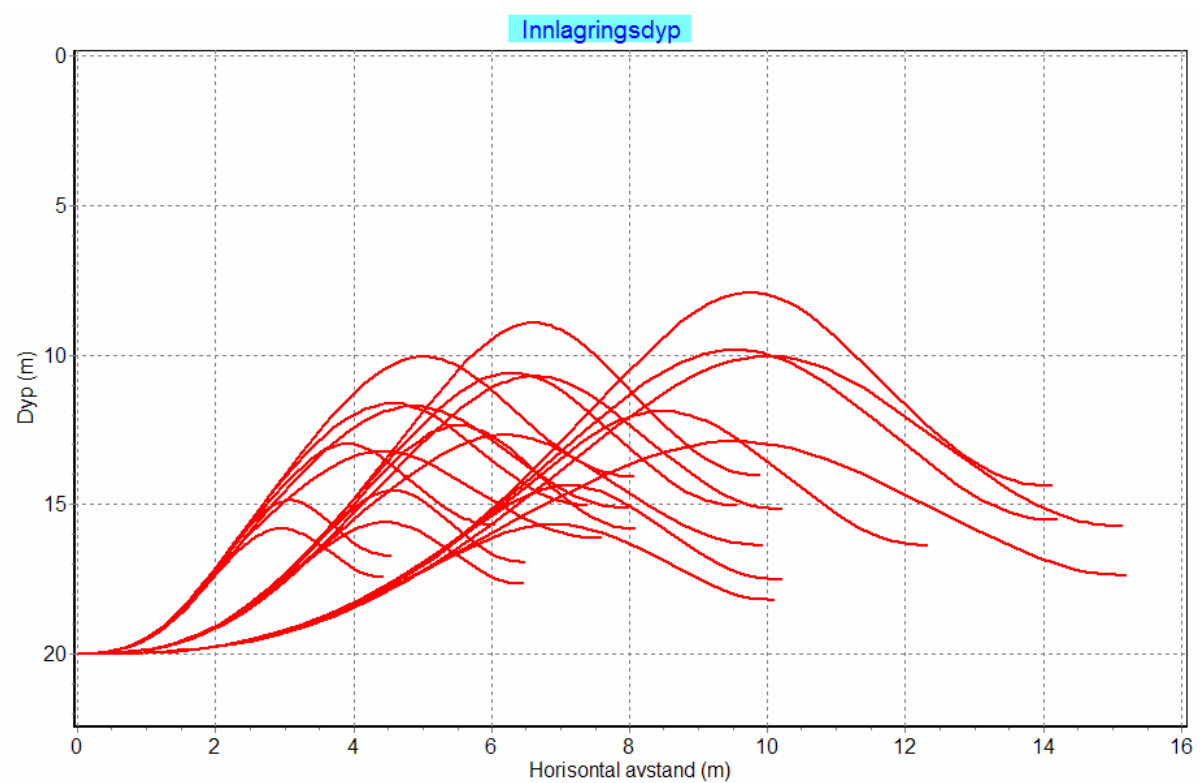
*viser resultatene at man uten diffusor sannsynligvis får situasjoner da målet ikke oppnås. Bruk av en diffusor – og fortrinnsvis i 22 m dyp – bør kunne forhindre at avløpsvannet kommer i kontakt med elvemunningen.*



**Figur 13.** Innlagringsdyp ved utlipp i 20 m (blå linjer) og 22 m dyp (røde linjer) når vannmengden er 10 l/s, 20 l/s og 40 l/s, og strømhastigheten 2 cm/s. Figuren viser "strålebanene" for de 7 vertikale profilene. Innlagringsdypet varierer mellom ca. 10 m og 16 m dyp.



**Figur 14.** Innlagringsdyp ved utlipp i 20 m (blå linjer) og 22 m dyp (røde linjer) når vannmengden er 10 l/s, 20 l/s og 40 l/s, og strømhastigheten 10 cm/s. Figuren viser "strålebanene" for de 7 vertikale profilene. Innlagringsdypet varierer mellom ca. 10 m og 18 m dyp.



**Figur 15.** Innlagringsdyp ved utslipp i 20 m dyp gjennom en diffusor med 6 hull med diameter 5 cm og innbyrdes avstand 2 m. Strømhastigheten er 2 cm/s. Vannmengden er 10 l/s, 20 l/s og 40 l/s, og strømhastigheten 2 cm/s. Avløpsvannet innlagres i ca. 15-18 m dyp.

## 4. Litteratur

Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4<sup>th</sup> Edition (Visual Plumes). Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Molvær, J., Velvin, R., Berg, I., Finnesand, T. og Bratli, J.L., 2002. EUs Avløpsdirektiv - Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. SFT-rapport. TA-nr.1890/2002. 47 sider.

Molvær, J. og Velvin, R., 2004. EUs avløpsdirektiv. Hva er en elvemunning? VANN Vol.1/04



## Vedlegg A. Hydrografiske data fra stasjon R3

Dato	Dyp	Saltholdighet	Temperatur	Turbiditet
	m		°C	FTU
05.05.2006	1	33,29	6,55	5,7
	2	33,48	6,50	4,0
	3	33,53	6,44	2,3
	4	33,55	6,43	1,6
	5	33,57	6,40	1,1
	6	33,57	6,39	1,3
	7	33,57	6,39	1,0
	8	33,57	6,39	1,6
	9	33,57	6,40	1,2
	10	33,58	6,41	1,5
	12	33,58	6,45	1,3
	14	33,59	6,44	0,8
	16	33,6	6,42	0,9
	18	33,6	6,42	0,8
	20	33,6	6,44	1,0
	22	33,61	6,40	1,3
	24	33,62	6,39	0,9
	26	33,62	6,38	0,8
	28	33,62	6,38	0,5
	30	33,63	6,38	0,8
	35	33,63	6,37	0,8
	40	33,67	6,38	1,1
	45	33,67	6,40	0,5
16.05.2006	1	21,98	9,82	11,3
	2	31,11	10,52	1,5
	3	31,5	10,25	0,8
	4	32,06	9,67	0,9
	5	32,25	9,46	0,9
	6	32,32	9,37	0,7
	7	32,38	9,31	0,6
	8	32,45	9,22	0,6
	9	32,6	8,99	0,5
	10	32,62	8,95	0,5
	12	32,66	8,87	0,5
	14	32,9	8,42	0,5
	16	32,95	8,36	0,4
	18	32,96	8,30	0,5
	20	32,99	8,19	0,5
	22	33,04	8,06	0,6
	24	33,11	7,97	0,5
	26	33,19	7,79	0,5
	28	33,24	7,66	0,5

	30	33,31	7,40	0,5
	35	33,47	6,99	0,4
	40	33,54	6,87	0,5
	45	33,59	6,75	0,4
01.06.2006	1	13,18	11,83	1,2
	2	22,07	12,14	1,7
	3	28,72	11,76	1,7
	4	30,6	11,25	1,4
	5	31,6	10,66	1,0
	6	32,34	9,89	0,9
	7	32,66	9,37	0,8
	8	32,8	9,06	0,8
	9	32,89	8,80	0,8
	10	32,97	8,52	0,9
	12	33,08	8,15	0,8
	14	33,14	7,89	0,6
	16	33,21	7,72	0,6
	18	33,26	7,59	0,6
	20	33,29	7,46	0,6
	22	33,32	7,27	0,6
	24	33,41	7,09	0,5
	26	33,48	6,99	0,4
	28	33,53	6,92	0,5
	30	33,59	6,87	0,4
	35	33,65	6,81	0,4
	40	33,71	6,84	0,4
	45	33,82	6,98	0,7
15.06.2006	1	3,38	8,04	5,4
	2	24,64	12,66	2,3
	3	27,64	12,79	2,0
	4	29,02	12,25	1,7
	5	29,48	12,04	1,6
	6	29,69	11,94	1,6
	7	30,07	11,68	1,5
	8	30,37	11,45	1,6
	9	30,44	11,40	1,7
	10	30,79	11,10	1,5
	12	31,3	10,77	1,9
	14	32	10,20	1,5
	16	32,4	9,62	0,9
	18	32,57	9,28	0,7
	20	32,71	8,97	0,7
	22	32,88	8,72	0,7
	24	32,93	8,45	1,1
	26	33,03	8,29	0,7
	28	33,09	8,01	0,9
	30	33,19	7,72	0,5
	35	33,35	7,35	0,5

	40	33,45	7,12	0,9
	45	33,62	6,97	0,7
04.07.2006	1	0,01	13,44	2,3
	2	15,25	15,26	1,9
	3	18,89	15,52	1,9
	4	21,61	15,31	2,2
	5	27,74	14,52	2,0
	6	31,2	11,75	1,6
	7	31,93	10,80	1,3
	8	32,2	10,32	1,0
	9	32,3	10,16	0,9
	10	32,35	10,02	0,9
	12	32,42	9,79	0,6
	14	32,53	9,43	0,5
	16	32,7	9,07	0,4
	18	32,76	8,88	0,4
	20	32,82	8,46	1,0
	22	33,01	8,03	0,8
	24	33,16	7,79	0,4
	26	33,26	7,60	0,3
	28	33,31	7,52	0,3
	30	33,36	7,40	0,2
	35	33,57	7,16	0,3
	40	33,88	7,27	0,5
	45	34,18	7,92	2,1
14.07.2006	1	1,05	10,86	2,2
	2	9,89	13,40	1,3
	3	16,56	14,93	1,2
	4	19,55	15,52	1,2
	5	22,04	15,88	1,5
	6	24,58	15,91	1,8
	7	26,62	15,67	1,5
	8	28,96	15,09	1,6
	9	29,9	14,66	1,2
	10	30,24	14,48	1,5
	12	30,51	14,31	1,5
	14	30,64	14,13	1,2
	16	30,82	13,69	1,2
	18	30,99	13,28	1,1
	20	31,53	12,25	0,9
	22	31,93	11,40	1,0
	24	32,05	10,60	0,7
	26	32,32	10,30	0,6
	28	32,42	9,95	0,6
	30	32,57	9,45	0,5
	35	32,72	8,99	0,3
	40	32,9	8,57	0,2
	45	33,07	8,09	0,4

27.07.2006	1	15,92	19,23	0,9
	2	18,58	19,03	1,1
	3	23,68	17,93	1,1
	4	29,59	15,93	1,0
	5	30,89	14,88	0,8
	6	31,45	14,19	0,8
	7	31,66	13,60	0,8
	8	31,81	13,02	0,8
	9	32,03	12,46	0,7
	10	32,15	12,39	0,6
	12	32,24	12,16	0,6
	14	32,26	11,84	0,7
	16	32,32	11,62	0,9
	18	32,35	11,42	0,6
	20	32,41	10,99	0,5
	22	32,42	10,68	0,4
	24	32,43	10,36	0,4
	26	32,44	10,02	0,5
	28	32,54	9,66	0,4
	30	32,63	9,30	0,4
	35	32,97	8,50	0,3
	40	33,3	7,64	0,4
	45	33,58	7,33	0,3
11.08.2006	1	17,74	18,07	1,0
	2	22,64	18,46	0,8
	3	25,55	18,24	0,6
	4	29,19	17,38	0,5
	5	30,27	16,65	0,5
	6	30,62	16,34	0,5
	7	30,88	16,03	1,1
	8	31,2	15,60	0,8
	9	31,44	15,23	0,5
	10	31,58	14,98	0,5
	12	31,77	14,33	0,6
	14	32,02	13,17	0,5
	16	32,23	12,51	0,6
	18	32,32	12,18	0,5
	20	32,36	11,96	0,5
	22	32,43	11,59	0,5
	24	32,45	11,15	0,4
	26	32,46	10,68	0,4
	28	32,55	10,06	0,4
	30	32,71	9,28	0,4
	35	33,22	8,08	0,3
	40	33,6	7,63	0,4
	45	33,98	7,57	0,3
25.08.2006	1	18,15	19,01	0,3

	2	21,85	19,18	0,4
	3	24,65	19,08	0,4
	4	27,37	18,67	0,5
	5	29,82	17,71	0,5
	6	30,96	16,53	0,6
	7	31,41	15,41	0,6
	8	31,73	14,43	0,5
	9	31,92	13,61	0,6
	10	32,03	13,05	0,5
	12	32,24	12,29	0,4
	14	32,3	11,54	0,5
	16	32,38	10,51	0,5
	18	32,58	9,42	0,4
	20	32,95	8,58	0,4
	22	33,25	7,98	0,4
	24	33,48	7,66	0,3
	26	33,72	7,59	0,4
	28	33,96	7,69	0,3
	30	34,16	7,89	0,3
	35	34,36	8,29	0,3
	40	34,53	8,56	0,4
	45	34,56	8,61	0,3
08.09.2006	0	1,33	11,02	8,3
	1	12,25	12,91	2,8
	2	22,44	14,18	1,7
	3	27,38	15,30	0,9
	4	30,03	15,87	0,7
	5	30,71	15,98	0,7
	6	30,94	15,96	0,6
	7	31,15	15,85	0,5
	8	31,33	15,77	0,6
	10	31,42	15,67	0,5
	12	31,52	15,48	0,5
	14	31,71	15,27	0,6
	16	31,77	15,23	0,7
	18	31,86	15,11	0,5
	20	31,96	14,89	0,5
	22	32,05	14,67	0,5
	24	32,12	14,45	0,6
	26	32,2	13,78	0,8
	28	32,24	13,26	0,7
	30	32,25	11,98	1,2
	35	33,11	8,53	0,5
	40	33,53	7,69	0,7
	45	33,8	7,68	1,0