

# Karakterisering av nitrogenkomponenter i kommunalt avløpsvann

Av Stein Wold Østerhus.

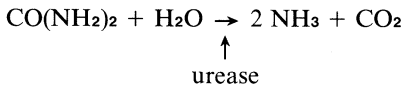
Stein Wold Østerhus er ansatt som forsker ved SINTEF, NHL.

## Innledning

Sammensetningen av nitrogen i kommunalt avløpsvann vil i stor grad være avhengig av faktorer som lekkasjer på ledningsnett, innlekking av overflatevann, grad av industritilknytning, tilførsel av septikslam, osv. Biologisk aktivitet i ledningsnett, som igjen vil påvirkes av temperatur og oppholdstid, vil også kunne forandre nitrogensammensetningen i avløpsvannet før det når fram til rensenanlegget.

En viktig kilde til nitrogen i kommunalt avløpsvann er nitrogenforbindelser (i hovedsak urea) som mennesker og dyr skiller ut ved nedbrytning av protein.

I vann hydrolyseres urea til ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) ved hjelp av enzymet urease. En gruppe bakterier, ureolytiske bakterier, produserer store mengder av urease. Hydrolyse av urea skjer etter reaksjonen /1/:



Urea kan også hydrolyseres av sterke syrer og baser. Ureolytiske bakterier finnes i kommunalt avløpsvann, og produksjonen av urease er ikke avhengig av ureakonsentrasjonen.

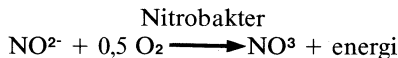
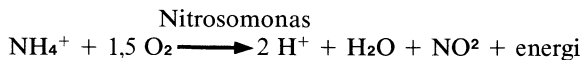
Ammoniakk er ikke en stabil forbindelse i vann. Den står i likevekt med ammonium i henhold til følgende ligning:



Likevekten er avhengig av vannets pH og temperatur.

Ved vanlig pH i avløpsvann (pH = 6–8) vil over 90% av den totale  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  konsentrasjonen foreligge som ammonium.

Ammonium kan oksyderes til nitrat via nitritt (nitrifikasjon). Dette gjøres hovedsakelig av de autotrofe bakteriegruppene Nitrosomonas og Nitrobakter:



Det er flere andre prosesser som teoretisk også vil kunne forandre nitrogensammensetningen i avløpsvann, f.eks. denitrifikasjon, aerob og anaerob nitrogenfiksering, assimilasjon og desimilasjon. Disse vil i praksis være av liten eller ingen betydning. Det antas at bortsett fra hydrolyse av urea, foregår det biologisk omsetning av nitrogen i ledningsnettene kun i liten grad.

Selv om det foreligger betydelige mengder internasjonal litteratur vedrørende nitrogensammensetningen i avløpsvann, tyder erfaringer på at avløpsvannet i Norge kan være annerledes sammensatt enn på sørligere breddegrader, bl.a ved at det er kaldere, tynnere og «ferskere» (høyere andel urea og lavere andel med nitrat) /2/. Dette kan ha betydning ved valg av renseprosess, eksempelvis er renseeffekten (og belastning) mhp nitrogen ved flere av prosessalternativene avhengig av hvor stor andel ammonium utgjør av totalnitrogenet.

SINTEF NHL fikk derfor i oppdrag av SFT å undersøke nitrogensammensetningen i innløpet og utløpet fra 9 avløpsrenseanlegg.

Det ble plukket ut 9 avløpsrenseanlegg som inngikk i undersøkelsen. Anleggene var mekanisk/kjemiske evt biologiske med en tilknytning på minst 10 000 pe, og de lå innenfor «algefylkene» dvs området som omfattes av Nordsjøavtalen. Det ble gjennomført 5 prøveserier (dvs prøvedøgn) på hvert anlegg, hvorav fire var ukedøgn (arbeidsdager) og ett helgedøgn (lørdag til søndag). Alle prøveseriene ble gjennomført i en tørrværsperiode. Prøvene ble analysert mhp pH, temp., tot-N, løst tot-N (filtrert gjennom GF/C-filter), NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N og sporadisk for TKN og urea-N på innløp og utløp. I

tillegg ble innløpsprøvene analysert for total og løst KOF. Følgende anlegg ble valgt ut til å delta i undersøkelsen:

AHSA, Askim kommune, Østfold  
Alvim, Sarpsborgdistriktets Interkommunale Avløpsseksjon, Østfold  
Bekkelaget, Oslo kommune, Oslo og Akershus  
FOA, Fredrikstad og Omegn Avløpsanlegg, Østfold  
Korsvikfjorden, Kristiansand kommune, Vest-Agder  
Lillehammer R2, Lillehammer kommune, Oppland  
Muusøya, Drammen kommune, Buskerud  
RA2, A.S Lørenskog, Rælingen og Skedsmo Sentralrenseanlegg RA2, Oslo og Akershus  
VEAS, Vestfjorden Avløpsseksjon, Oslo og Akershus

Resultatene presentert nedenfor er basert på rapporten fra dette prosjektet /3/.

## Resultater

Resultatene fra undersøkelsen er summert i tabell 1 og 2. Forskjellene i tabell 1 og 2 indikerer at det er liten forskjell i nitrogensammensetning mellom prøver fra ukedøgn og helgedøgn, bortsett fra noe lavere konsentrasjon og litt høyere andel løst organisk nitrogen i løpet av helgedøgn. Datagrunnlaget for helgedøgn er imidlertid betydelig dårligere enn for ukedøgn.

Tabell 1 og 2 viser at det er store variasjoner i nitrogenkonsentrasjonene. De gjennomsnittlige innløpsverdiene viser at ca 20 % av total nitrogen er partikulært, mens nær alt oppløst nitrogen forelå som ammonium. Det var svært lavt innhold av nitritt, nitrat og løst organisk nitrogen.

Tabell 1. Gjennomsnittskonsentrasjoner og avvik for ukedøgn.

	INNløP				UTLøP			
	Gjennom- snitt mg/l	Standard- avvik	Variasjons- område mg/l	Antall data	Gjennom- snitt mg/l	Standard- avvik	Variasjons- område mg/l	Antall data
KOF <sub>UF</sub>	278	104	98-475	34	-	-	-	-
KOF <sub>F</sub>	101	39	42-179	34	-	-	-	-
Tot-N <sub>UF</sub>	25	6,7	15-45	34	21	5,1	12-35	33
Tot-N <sub>F</sub>	20	6,5	12-45	34	20	4,6	12-33	34
NH <sub>4</sub> -N	19	7,1	9-45	34	18	5,7	7-33	34
NO <sub>2</sub> -N	0,1	0,06	0-0,2	34	0,1	0,06	0-0,2	34
NO <sub>3</sub> -N	0,3	0,41	0-1,4	34	0,6	0,72	0-2,4	34

Tabell 2. Gjennomsnittskonsentrasjoner og avvik for helgedøgn.

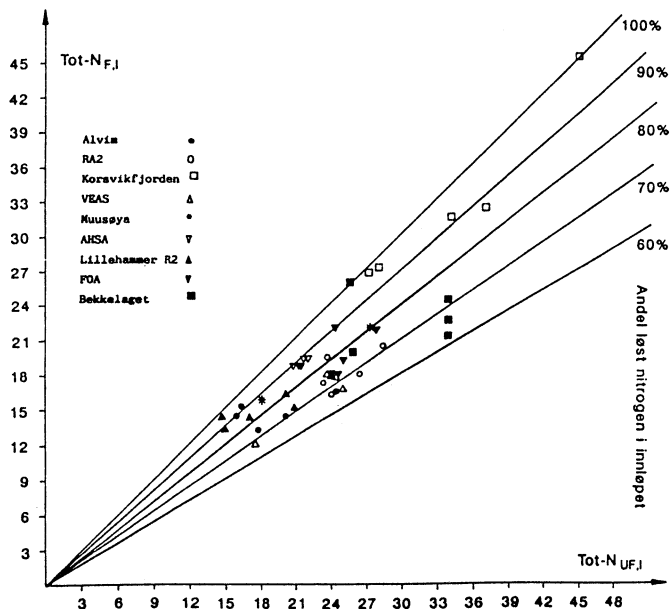
	INNløP				UTLøP			
	Gjennom- snitt mg/l	Standard- avvik	Variasjons- område mg/l	Antall data	Gjennom- snitt mg/l	Standard- avvik	Variasjons- område mg/l	Antall data
KOF <sub>UF</sub>	232	90	74-327	8	-	-	-	-
KOF <sub>F</sub>	86	27	52-126	8	-	-	-	-
Tot-N <sub>UF</sub>	23	3,9	15-28	8	21	3,2	16-25	8
Tot-N <sub>F</sub>	19	4,6	13-27	8	20	3,0	16-24	8
NH <sub>4</sub> -N	16	3,6	11-22	8	18	3,5	13-24	8
NO <sub>2</sub> -N	0,1	0,05	0-0,1	8	0,1	0,05	0-0,1	8
NO <sub>3</sub> -N	0,3	0,45	0-1,4	8	0,7	1,02	0-3,2	8

Utløpsverdiene for nitrogen fra renseanleggene viser at nær alt partikulært nitrogen fjernes i renseanleggene (dvs ca 20 % nitrogenfjerning), mens oppløst nitrogen forblir uforandret gjennom anleggene.

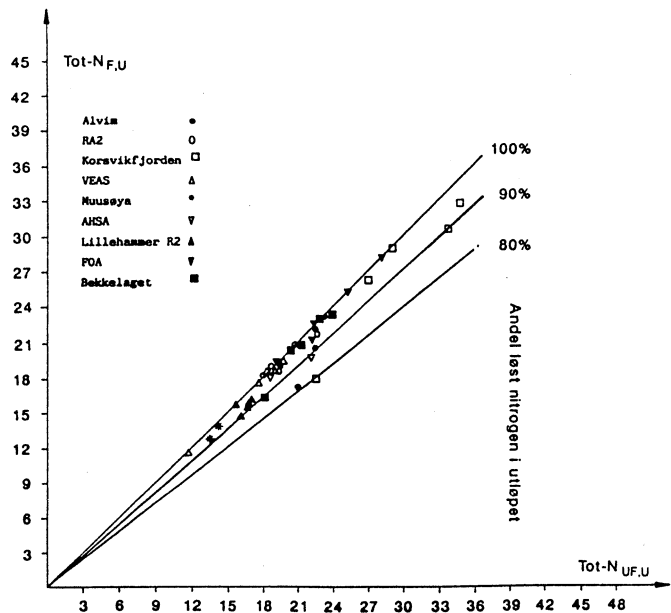
Variasjonene i tabell 1 og 2 skyldes for en stor del variasjoner (i konsentrasjon og sammensetning) fra anlegg til anlegg. Dette er illustrert i bl.a figur 1 og 2, som viser en sammenstilling av henholdsvis innløps- og utløpskonsentrasjoner for total nitrogen i filtrert prøve mot ufiltrert prøve. Selv om det er betydelige variasjoner mellom rense-

anleggene, viser figur 1 at for hovedvekten av prøvene er andelen av partikulært nitrogen i innløpet på 20–30 % av total nitrogen. Dette betyr at en teoretisk vil kunne oppnå 20–30 % nitrogenfjerning i et mekanisk/kjemisk renseanlegg. Figur 2 viser at andelen partikulært nitrogen i utløpsprøvene vanligvis var <2 % av total nitrogen, dvs at nær alt partikulært nitrogen fjernes i renseanleggene.

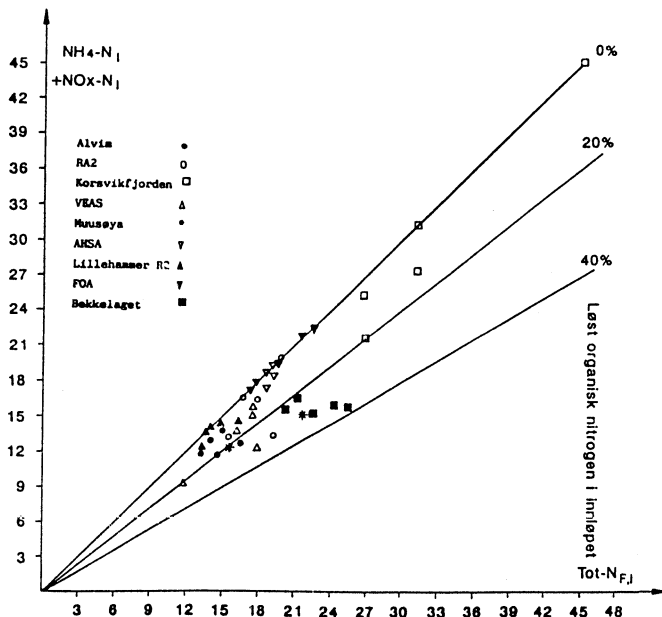
Flere av renseanleggene hadde tilførsel av septikslam (eller rejekt fra septikavvanning) etter prøvetakingspunktet på innløpet. Dette innebærer at til-



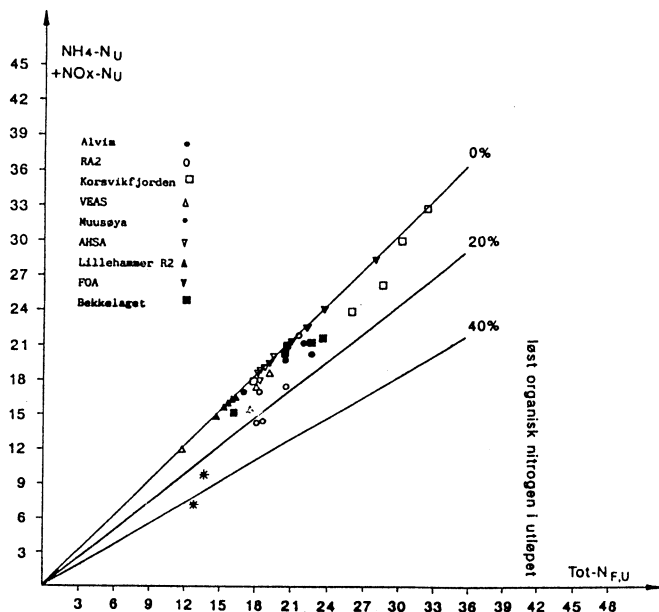
Figur 1. Andel av total nitrogen på løst form i innløpet av rensanlegget.



Figur 2. Andel av total nitrogen på løst form i utløpet av rensanlegget.



Figur 3. Andel løst organisk nitrogen av løst total nitrogen i innløpet til rensanleggene.



Figur 4. Andel av løst organisk nitrogen av løst total nitrogen i utløpet fra rensanleggene.

førselen av nitrogen til renseanlegget vil være noe høyere enn hva innløpsverdiene tilsier, og at det fjernes noe mer nitrogen enn hva differansen mellom innløps- og utløpsverdiene skulle tilsi (både mhp partikulært nitrogen og i enda større grad mhp total nitrogen).

Løst organisk nitrogen regnes som differansen mellom filtrert tot-N og summen av  $\text{NH}_4\text{-N}$  og  $\text{NO}_x\text{-N}$ . Figur 3 og 4 viser andelen løst organisk nitrogen for henholdsvis innløp og utløp av anleggene. Av figur 3 ser en at andelen løst organisk nitrogen stort sett ligger fra 0—20 % av løst total nitrogen, med enkelte verdier på 20—40 %. Andelen løst organisk nitrogen i utløpet er derimot stort sett under 5 % av løst total nitrogen (figur 4). Dette betyr at bortimot alt løst organisk nitrogen i innløpet omdannes eller hydrolyseres til ammonium i renseanlegget. Det betyr imidlertid ikke at alt løst organisk nitrogen i innløpet er urea, da også andre organiske nitrogenforbindelser i avløpsvannet kan hydrolyseres til ammonium.

Stikkprøver fra anleggene tyder på at avløpsvannet inneholder relativt lite urea når det ankommer renseanleggene.

## Konklusjoner

Basert på resultatene fra undersøkelsen (etter at det ble tatt hensyn til feilkilder og store avvik i resultatene), er den typiske nitrogensammensetning for innløpet til renseanleggene som vist i tabell 3. Mottak av septikslam er ikke inkludert i tabellen. En må også være oppmerksom på at ved enkelte anlegg kan det være store avvik fra denne sammensetningen. Det som er verdt og merke seg, er at konsentrasjonen av total nitrogen er relativt lav, med en partikulær andel på 20—30 %. Videre foreligger det meste av løst nitrogen som ammonium, nesten ingenting som nitritt og nitrat, og relativt lite som løst organisk nitrogen.

Sammensetningen i tabell 3 avviker imidlertid ikke mye fra typisk nitrogensammensetning beskrevet i internasjonal litteratur, bortsett fra at konsentrasjonene er lavere (dvs at typisk norsk avløpsvann er «tynnere»).

Siden mange av anleggene hadde septikmottak, ble sammensetningen som er beskrevet i tabell 3 forsøkt korrigert for septikmottak basert på typisk sammensetning og antatte mengder av septikslam. Resultatet av denne korreksjonen er vist i tabell 4.

Tabell 3. *Typisk nitrogensammensetning i innløpet til renseanleggene (septikmottak ikke inkludert).*

Parameter	Konsentrasjon mg N/l	Andel (%) av total nitrogen
Total nitrogen	20-25	100
Partikulært nitrogen	3-10	20-30
Løst nitrogen	15-20	70-80
Ammonium	12-20	50-80
Nitritt + nitrat	0-0,3	0-0,2
Løst organisk nitrogen	0-10	0-25
Urea	0-4	0-10

Tabell 4. *Typisk nitrogensammensetning i innløpet til renseanleggene korrigert for septikmottak.*

Parameter	Konsentrasjon mg N/l	Andel (%) av total nitrogen
Total nitrogen	27-32	100
Partikulært nitrogen	8-13	30-40
Løst nitrogen	16-21	60-70
Ammonium	13-21	45-70
Nitritt + nitrat	0-0,3	0-0,1
Løst organisk nitrogen	0-10	0-25
Urea	0-4	0-10

Tabell 5. *Typisk nitrogensammensetning i utløpet fra renseanleggene.*

Parameter	Konsentrasjon mg N/l	Andel (%) av total nitrogen
Total nitrogen	17-23	100
Partikulært nitrogen	0-2	0-10
Løst nitrogen	16-23	90-100
Ammonium	14-23	85-100
Nitritt + nitrat	0-1	0-5
Løst organisk nitrogen	0-2	0-10
Urea	0	~ 0

Tabell 5 viser nitrogensammensetningen i utløpet fra renseanleggene (her blir evt septikmottak selvsagt inkludert). Her er det verdt å merke seg at det er svært lite partikulært nitrogen igjen i utløpet, dvs at nær alt partikulært nitrogen fjernes i renseanleggene. Videre er andelen ammonium høy (90—100 % av løst nitrogen) og andelen løst organisk

nitrogen lav (0—10 % av løst nitrogen) med et ureainnhold nær null. Dette betyr at nesten alt løst organisk nitrogen hydrolyseres til ammonium i renseanlegget. Andelen av nitritt og nitrat er svært lav, noe som tyder på at det kun er liten grad av nitrifikasjon i kjemisk renseanlegg.

#### Referanser

- 1) Van der Hoek, J.P., Oldenkamp, S.A og De Jager, E.: «The fate of urea in surface waters». H<sub>2</sub>O, 1982, 22, No 20.
- 2) Ødegaard, H.: «Fjerning av nitrogen i kommunalt avløpsvann — En status rapport». SINTEF NHL-rapport STF60 F91006, Trondheim 1990.
- 3) Østerhus, S.W.: «Karakterisering av nitrogenkomponenter i kommunalt avløpsvann». SINTEF NHL-rapport STF60 A91058, Trondheim 1991.