

# Luktproblemer i kommunale ledningsnett – hvor og hvorfor det oppstår og metoder for bekjempelse.

Av Anette Æsøy

Anette Æsøy er dr.ing. og ansatt som leder for applikasjonsutvikling miljø ved Hydro Gas and Chemicals, Norsk Hydro ASA.

Innlegg på fagtreff 7. april 2003.

## Sammendrag

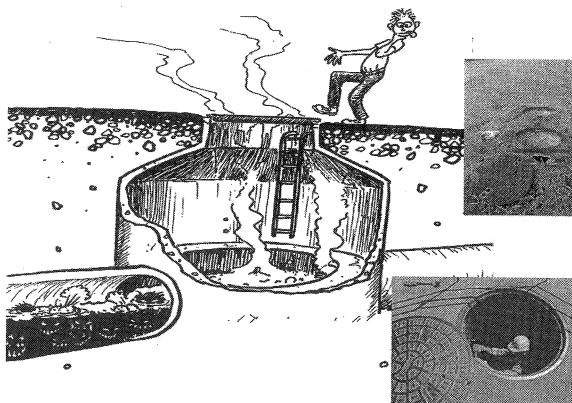
Luktproblemer i kommunale ledningsnett forårsakes primært av biologisk aktivitet i fravær av oksygen. Hydrogensulfid er normal den dominerende luktkomponenten. Avløpsvannets konsentrasjon, slammengder, temperatur og hydraulisk oppholdstid er nøkkelfaktorer som påvirker luktintensiteten.

Ved valg av metode for luktkontroll er det viktig å tenke helhet (kost-nytte) ut fra hva som er problemet og hva man vil oppnå. Ulike metoder har ulike effekter, og effekter og kostnader vil variere fra sted til sted. Det stilles ofte krav til enkle, driftssikre og trygge metoder. De mest brukte er biologisk behandling av

vann med nitrat (Nutrioxkonseptet), felling av sulfid i vann med jernklorid, biologisk behandling av avtrekksluft i biofilter, og kjemisk behandling av avtrekksluft med ozon. Metoder som forebygger luktproblemer er generelt å anbefale (nitrat eller oksygen).

## Hvor og hvorfor oppstår luktproblemer i kommunale ledninger

Luktproblemer i kommunale ledningsnett oppstår normalt i forbindelse med pumpestasjoner og kummer. Hovedårsak er hydrogensulfid. I tillegg til å gi vond lukt, kan hydrogensulfid som er svært giftig medføre helsefare ved eks. inspeksjon i kummer, samt gi korrosjon på betong.



Figur 1. Lukt fra avløpsledninger er ubehaglig, farlig og kostbar.

Kommunalt avløpsvann kan inneholde mange ulike komponenter som har effekter på luktkarakter og intensitet. Felles for disse er at de er lav-

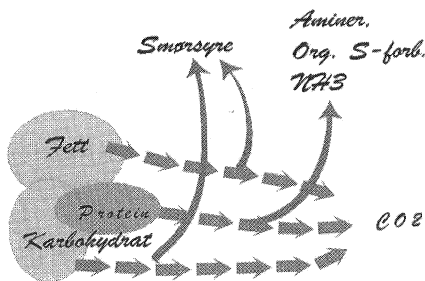
molekylære, flyktige forbindelser med lav lukterskel. De fleste fremtredende er gitt i tabell 1.

Kjemisk forbindelse	Lukterskel, ppm	Luktkarakteristikk
✓Hydrogen sulfid (H <sub>2</sub> S)	0.005	Råtne egg
✓Merkaptaner (R-SH)	0.00003-0.001	Ubehaglig sterk, råtten kål, sterk hvitløk, kaffe, stinkdyr
✓Ulike sulfider (R-S-R)	0.0001	Råtne grønnsaker, ubehagelig
✓Indol, Skatol (Benzen-R-NH)	0.0001-0.001	Fekalt, kvalmende
✓Aminer (R-NH <sub>2</sub> , R-NH-R)	0.0004-0.3	Råtten, fiskeaktig
✓Fettsyrer (smørsyre)	0.001	Ubehaglig, søtlig
✓Ammoniakk (NH <sub>3</sub> )	17	Stikkende, ubehagelig

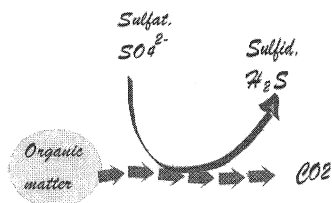
Tabell 1. De mest vanlige lukstoffer i kommunalt avløpsvann.

Lukt oppstår vanligvis som et resultat av biologisk aktivitet i fravær av oksygen (anaerobe prosesser). Organisk stoff i avløpsvannet blir delvis nedbrutt med produksjon av ulike

lukstoffer som illustrert i figur 2. Hydrogen sulfid dannes fordi bakterier bruker sulfat som elektronakseptor i fravær av oksygen.



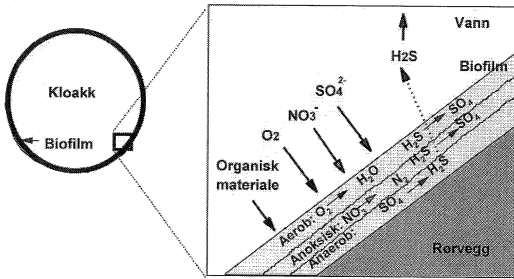
Figur 2. Illustrasjon av biologisk aktivitet i fravær av oksygen.



Luktproblemer kan også komme fra industripåslipp, enten ved at vannet fra industrien er utsatt for anaerob biologisk aktivitet før påslipp eller at lukstoffer kommer fra produksjonsprosesser.

Biologisk aktivitet oppstår i vannet, i biofilm på rørvegger og i slam som sedimenterer i ledninger. Anaerob biologisk aktivitet kan oppstå i biofilm og

slam selv med oksygen i vannet. Man vil likevel sjelden under slike forhold finne hydrogensulfid i vannet fordi dette oksideres tilbake til sulfat med oksygen som illustrert i figur 3. Med overskudd oksygen og/eller nitrat vil man kunne hindre dannelse av hydrogensulfid. Oksygen og nitrat gir bakterier bedre vekstvilkår og bakterier som bruker sulfat vil bli undertrykt.



Figur 3. Illustrasjon av biologisk aktivitet i biofilm som dannes på rørvegger i avløpsledninger.

Luktutvikling og intensitet påvirkes av fysiske-, kjemiske- og driftsforhold i ledningsnett.

#### Fysiske forhold:

- *Separat versus kombinert avløps-system.*  
Separatsystem gir høyere avløps-konsentrasjon av organisk stoff og ofte mer slam som begge bidrar til høyere biologisk aktivitet.
- *Dimensjoner (diameter og lengde).*  
Biologisk aktiviteten avtar med økende diameter pga mindre biofilm areal per volumenhet, mens hydraulisk oppholdstid øker. Med økende hydraulisk oppholdstid øker avsetningen av slam.
- *Temperatur*  
Biologisk aktivitet øker eksponentielt med økende temperatur;  
 $r_t = r_{10} \cdot k_T^{(t-10)}$
- *Pumpe- versus gravitasjonsledning*  
Luktproblemer oppstår oftest i pumpeledninger. I gravitasjonsledninger tilføres det oksygen fra luften.
- *Volum på pumpestasjoner*  
Luktproblemer kan oppstå i pumpestasjoner hvor vannet blir stående i timer pga stort volum. I slike tilfeller vil det normalt også akkumulere slam som kan bidra betydelig til økt biologisk aktivitet.

- *Terreng; flatt versus kupert*  
Luktproblemer finnes ofte i områder med flatt terreng hvor pumpeledninger dominerer. Gravitasjonsledninger i kupert terreng gir normalt god tilførsel av oksygen som hindrer luktutvikling.
- *Turbulens*  
Luktstoffer er flyktige og frigjøres mer med turbulens. Typisk vil luktproblemer kunne assosieres med pumpedrift.
- *Plassering av pumpestasjoner og kummer*  
En årsak til økende problemer med lukt er uheldig plassering av pumpestasjoner og kummer i forhold til utbredelse av bebyggelse, næringsvirksomhet, skoler, buss holdeplasser, etc.

#### Kjemiske forhold:

- *Betong versus plastrør.*  
Betong "nøytraliserer" kjemiske forbindelser som H<sub>2</sub>S og VFA.
- *pH.*  
Påvirker hvordan luktkomponenter frigis fra vann i luft. pH<8 gir økende frigjøring av hydrogensulfid fordi det foreligger som H<sub>2</sub>S gass. Ved høyere pH dissosierer gassen til HS- som ikke gir lukt.

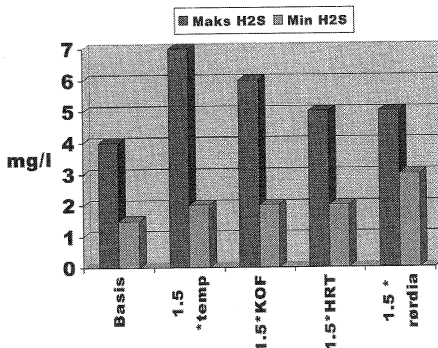
- *Utfelling.*  
Mindre påslipp av tungmetaller gir mindre utfelling av metallsulfid og dermed høyere konsentrasjoner i vannfase som kan gå over i luft.
- *Akkumulering av fett.*  
Fett brytes ned biologisk med produksjon av fettsyrer og hydrogen-sulfid. Problemer oppstår gjerne i tilknytning til hotell/kafeterier/gatekjøkken.

#### Driftsforhold:

- *Hydraulisk oppholdstid.*  
Påvirker biologisk aktivitet og oksygennivå. Lang hydraulisk oppholdstid gir høyere konsentrasjoner av lukstoffer.
- *Vannhastighet.*  
Lav vannhastighet medfører ofte lukstproblemer pga mye slam i ledningsnett.
- *Slamfjerning.*  
Regelmessig spyling og/eller vannhastigheter som gir selvrensing vil begrense biofilm tykkelse og sediment.
- *Ventilasjon.*  
God ventilasjon i gravitasjonsledninger og på pumpestasjoner (mekaniske eller naturlig) reduserer lukstintensitet.

- *Påslipp av industriavløp, avsig fra fyllplasser, og lignende*  
Industriavløp kan ofte ha høyere temperatur og inneholde mye organisk stoff som er lett biologisk nedbrytbart, samt at de kan inneholde lukstoffer. Industri kan også slippe på vann som er biologisk forbehandlet og inneholder mye aktiv biomasse.
- *Påslipp av septikk.*  
Slam inneholder mye aktiv biomasse og organisk stoff. Det kan også tilføre store mengder lukstoffer.
- *Vedlikehold.*  
Mye lekkasje gir lavere avløpsvannkonsentrasjon. God pumpedrift er viktig for hydrauliske forhold.

Figur 4 viser et eksempel med estimering av maksimal og minimal hydrogensulfid konsentrasjon med en typisk vannmengdeprofil i et ledningsnett på 1 km med diameter 0.2 meter. Basistilfellet er beregnet med KOF 250 mg/l og temperatur 15°C. De andre viser effekt av 50% økning av henholdsvis temperatur, KOF, hydraulisk oppholdstid (HRT) og rørdiameter. Grovt sett gir 1 mg H<sub>2</sub>S/l i vann 10-20 ppm i luft.



Figur 4. Estimering av hydrogensulfid i ledningsnett med lengde 1 km, diameter 0.2 meter med vannmende 200 m<sup>3</sup>/d. Basistilfelle er med 250 mg KOF/l og temperatur 15°C.

Basis: 1 km, 200mm, 200m<sup>3</sup>/d, 250 mg KOF/l, 15 °C

## Metoder for luktkontroll

Ved vurdering og valg av metode for luktkontroll er det viktig å ta hensyn til hva man vil oppnå:

- Slutt på klager fra naboer ?
- Bedre arbeidsmiljø (HMS) ?
- Redusere vedlikeholdskostnader ?
- Bedre vannkvalitet ?
- Annet ?

Det er også viktig å ta hensyn til praktiske og begrensende forhold i ledningsnett:

- Strømforsyning
- Plass
- Tilgjengelighet

- Oppfølging
- Sikker kjemikaliehåndtering
- Doseringskontroll
- Temperatur
- Fuktighet

⇒ Ofte er det krav til enkle, driftssikre og trygge metoder.

Aktuelle metoder for luktkontroll deles gjerne inn i to grupper :

1 Metoder for å behandle vann for å hindre dannelse og/eller fjerne luktstoffer (tabell 2)

2 Metoder for å behandle luft for å fjerne luktstoffer (tabell 3)

Metode for vannbehandling	Forhindrer lukt	Fjerner lukt
<b>Fysiske:</b> Renseplugg Tette kummer o.l Redusere rørdiameter	Delvis På utsatte steder Delvis	Nei Nei Nei
<b>Kjemiske:</b> Fortynning Felling med jern pH økning	Delvis På utsatte steder Delvis	Delvis Bra Delvis
<b>Biologiske:</b> Lufting Oksygen Nitrat (Enzymer , bakterier , o.l)	Delvis Godt Godt Nei	Delvis Godt Godt Nei

Tabell 2. Metoder for behandling av vann.

Metode for luftbehandling	Forhindrer lukt	Fjerner lukt
<b>Fysiske:</b> Ventilasjon	Delvis	Delvis
<b>Kjemiske:</b> "Parfyme" Ozon/ UV (fotooksidasjon) (Hypokloritt )	Nei På utsatte steder På utsatte steder	Delvis Bra Bra
<b>Biologiske:</b> Biofilter Bioscrubber	På utsatte steder På utsatte steder	Godt Bra

Tabell 3. Metoder for behandling av luft.

Av metodene i tabell 2 og 3 er følgende metoder mest benyttet og disse er nærmere beskrevet nedenfor:

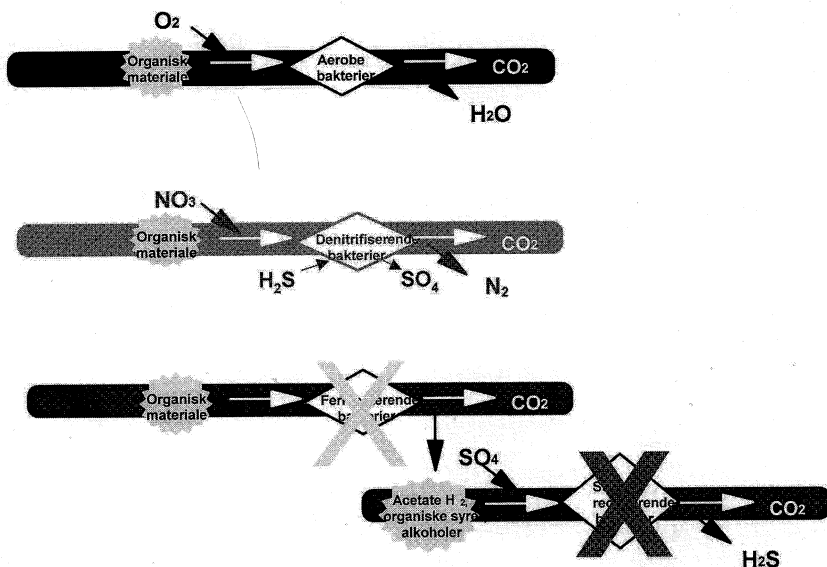
- Biologisk vannbehandling med  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  - Nutrioxkonseptet
- Kjemisk vannbehandling med  $\text{FeCl}_3$
- Biologisk behandling av avtrekksluft i Biofilter
- Kjemisk behandling av avtrekksluft med Ozon

Det vises for øvrig til litteratur (eks. Odor control in wastewater treatment plants, WEF Manual of Practice No 22, 1995; Odours in Wastewater Treatment, 2001).

### Nutrioxkonseptet

Nutrioxkonseptet er anerkjent i Europa og USA hvor det finnes mer enn 2500

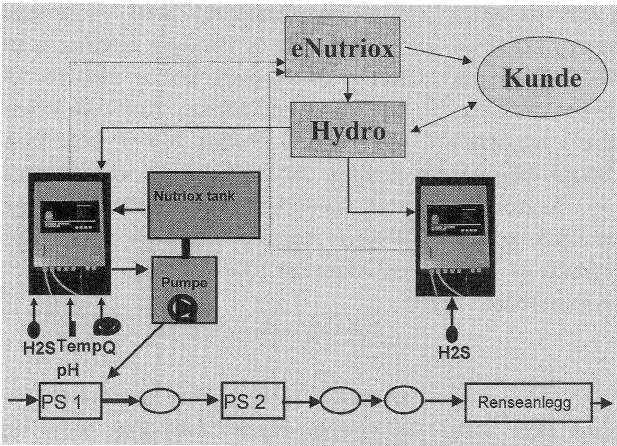
installasjoner. Konseptet er basert naturlig biologisk aktivitet stimulert av kontrollert dosering av en spesialutviklet  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  løsning (=Nutriox). Nutriox er pH nøytral og kan lagres frostfritt. Dette er egenskaper som er viktig mht luktkontroll i ledningsnett. Optimal dosering er basert på kunnskaper og erfaring om biologisk aktivitet i ulike systemer og med ulik vannkvalitet. Nitrat fungerer som oksidant på samme måte som oksygen og brukes av bakterier ved fravær av oksygen. Oksygen og nitrat gir konkurransefordel for aerobe/denitrosiserende bakterier og bakterier som bruker sulfat vil bli utkonkurrert. Nitrat vil også begrense aktiviteten til anaerobe fermenterende bakterier og medføre lavere konsentrasjoner av organiske luktkomponenter og bakterier vil reoksidere hydrogensulfid til sulfat. (Fig. 5)



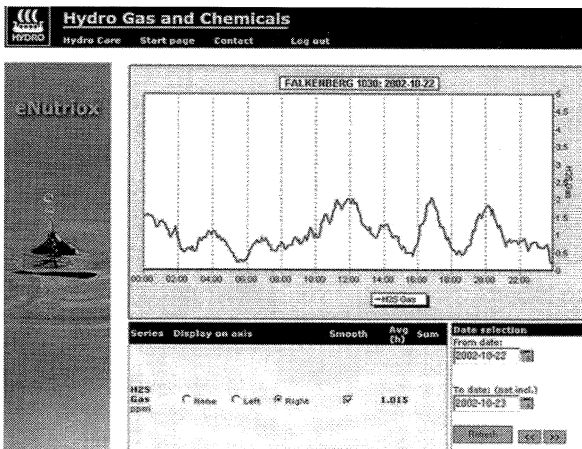
Figur 5. Illustrasjon av naturlig biologisk aktivitet i avløpsvann. Oksygen og nitrat hindrer dannelse av hydrogensulfid og begrenser produksjon av organiske lukstoffer.

En typisk installasjon med Nutriox-konseptet kan være som illustrert i figur 6. Doseringen av Nutriox i pumpestasjon oppstrøms i ledningsnett styres dynamisk basert på signal fra avløpsvannpumper, temperatur-, pH- og H<sub>2</sub>S-sensorer, samt spesifikke algoritmer for aktuelle site. Effekten av behandlingen dokumenteres nedstrøms (eks. ved innløpet til renseanlegg) med logging av data fra H<sub>2</sub>S sen-

sor. Data både fra doseringssted oppstrøms og dokumentasjonssted nedstrøms kan lastes ned automatisk via modem og presenteres på internett (eNutriox). Ved behov optimaliseres dosen ved å laste opp modifiserte algoritmer og nye parametre til kontrollere via modem. Figur 7 viser et eksempel på grafisk presentasjon av data med eNutriox (internet). I dette tilfellet er målet <10 ppm H<sub>2</sub>S.



Figur 6. Illustrasjon av en installasjon med Nutrioxkonseptet.



Figur 7. Eksempel på grafisk presentasjon av data på internet.

## Jernklorid

Jernklorid fjerner lukt forårsaket av hydrogensulfid med kjemisk felling:



Den kjemiske reaksjonen er hurtig og sulfid blir normalt effektivt fjernet. Jern fjerner ikke andre luktkomponenter. I tillegg til å felle med sulfid, vil jern også felle med fosfat og hydroksider, noe som kan gi betydelige slammengder. Jernklorid er en sterkt sur og korrosiv løsning som krever frostfri og sikker lagring. Dosering vil typisk være i nærheten av hvor man har luktproblemer. Effekten nedstrøms er begrenset. Jernklorid gir reduksjon i pH og kan medføre at sulfid overføres til H<sub>2</sub>S som stripes av på doseringsstedet.

## Biofilter

Biofilter er typisk basert eller torv som medium hvor bakterier vokser og oksiderer hydrogensulfid til sulfat. Organiske luktkomponenter oksideres også men dette krever lengre oppholdstid.

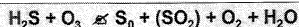


Biofilter er plasskrevende og krever god luftgjennomstrømming og fuktig masse for å fungere godt. Effektivt punktavsug er en forutsetning. Ved høy belastning kan det være behov for ekstra tilførsel av næringsstoffer.

Effektiviteten påvirkes av lufttemperatur og det er en fordel med jevn belastning. Biofilter er ikke egnet på steder der lukt oppstår kun i perioder. Filtermassen må byttes eller etterfylles.

## Ozon

Ozon er en effektiv kjemisk oksidant som kan fjerne de fleste lukstoffer. Utfordringen ligger i å tilpasse rette dose og kontaktid med varierende forhold som er vanlig i ledningsnett. Det er en forutsetning at man har et effektivt punktavsug for kontrollert behandling. Sulfid blir i hovedsak oksidert til elementært svovel med små mengder svoveldioksid. Begge disse er korrosive og kan også skape en sekundær forurensning.



Ozon er en svært giftig gass som krever strenge tiltak mht helse, miljø og sikkerhet. Ozon er også aggressiv og reagerer med plast, gummi og metaller.

## Litteratur

Odor Control in Wastewater Treatment Plants, WEF manual of Practice No 22, 1995 (ISBN 1-881369-95-1)

Odours in Wastewater Treatment. Stuetz, R and Frechen F-B, (Ed), IWA publishing 2001 (ISBN 1-900222-46-9).