



Lukt Og Smak i NORske Drikkevann (LOSINOR)

Bakgrunn - Årsaker - Sammenhenger - utfordringer

Bjørnar Eikebrokk, Drikkevannskonsult (tidl. SINTEF)



INNHOOLD



- ✓ Litt om hvordan vi senser lukt og smak
- ✓ Bakgrunnen for LOSiNOR-prosjektet
 - Manglende nasjonal analysekapasitet for lukt og smak
 - Problemet er utbredt – og Drikkevannsforskriften stiller krav
 - Eksempler på Lukt og Smaksutfordringer i norske drikkevann
- ✓ Årsaker og Sammenhenger
 - Noen åpenbare
 - Noen komplekse
- ✓ Oppsummering

Lukt og Smaks-sansene

- ✓ Tungen har tusener av små papiller – med 2000-5000 smaksløker, hver med 50-100 smaksceller med små sansehår der reseptorene for smak sitter
 - ✓ Når vi spiser/driker løses smaksstoffene opp i væsken i munnhulen, reagerer kjemisk med reseptorene og sender elektriske impulser fra smakscellene videre til hjernen
 - ✓ Mennesker kan skille mellom 5 hovedgrupper av smaker
 - Surt, søtt, salt, bittert, umami (nr. 6 oleogustus - «fettete»)
 - Søte smaker kjennes best på tungespissen - salte, sure, bitre lenger bak
 - ✓ Luktesansen er knyttet til luktceller omgitt av slimlag øverst i nesehulen.
 - ✓ Luktstoffer må være flyktige og vannløselige for å kunne registreres
-
- Antallet smaks- og luktceller reduseres med alderen (> 45 år)
 - Smak og lukt kan være sterkt forbundet med følelser, og påvirkes av temperatur, pH, sykdommer (e.g. kreft; corona; forkjølelse: økt slimdannelse og redusert følsomhet)
-
- **Lukt- og smaksproblemer i drikkevann: Identifiseres ofte ved at abonnenter klager**
- **Opplevelsen - og beskrivelsen - av smak og lukt er svært personavhengig....**



Opplevelsen - og beskrivelsen - av smak og lukt er svært personavhengig....

Fra sosiale medier (2011): Hvorfor smaker vannet i Oslo så jævlig?

- *Helt grusomt... fra springen altså. Lar jeg vannet renne lenge er det ikke så ille*
- *Jeg gjetter på: Fordi du vet det kommer fra Oslo*
- *Jeg merker ikke det jeg. Hvor i Oslo er det du bor?*
- *Det merkes sinnssykt godt hvis man kommer nordfra og er vant til vann som ikke smaker klor*
- *Det kan umulig være verre enn vannet på Røros*
- *Jeg har ikke noe problemer med smaken på vannet, og drikker flere liter springvann hver dag. Gjort i mange år*
- *Dra og smak på vannet på Island, du! Det smaker jo svovel*
- *Synes nok at vannet på Vestlandet er hakket bedre enn det i øst*

→ **Illustrerer behovet for mer objektive analysemetoder for lukt og smak i drikkevann**

Lukt- og smaksutfordringer er utbredt – også i Norge

1997: Spørreskjema fra Næringsmiddeltilsynet i Rogaland til alle norske kommuner.

Svar fra 350 vannverk (41 %)

- ✓ 126 Vannverk (36 %) meldte om problemer med Lukt og Smak (LoS)
- ✓ Vanlige svar: Årsak ukjent; Væravhengig; Kommer og går; Verst vår/sommer/etter sterk nedbør
- ✓ Karakteristikker: Jord-, myr-, mugg-, klor-, petroleum-, metallaktig lukt
- ✓ 103 av 229 vv med overflatevann (45 %), 13 av 121 vv med grunnvann (11 %), og 42 av 101 vv med klordosering (42 %) rapporterte om LoS-problemer

2015: Spørreskjema fra NV sendt til 95 utvalgte kommuner. Svar fra 51 (54 %)

- ✓ 18 vv (39 %) hadde hatt LoS-problemer, herav 10 av 31 vv med overflatevann (32 %)
- ✓ 34 vv (72 %) tok rutinemessig prøver for LoS-analyser
- ✓ Sesongavhengig: Mest LoS vår/sommer
- ✓ Årsaker: Endret råvannskvalitet (6 vv); Prosesser i ledningsnett (5); PE-rør (2); Vannbehandlingen (2); Høy klordose (2); Klorvask av MF (1); Andre (8)

Hvorfor LOSiNOR-prosjektet?

- ✓ **Lite fokus på lukt- og smaksproblematikk for drikkevann i Norge** (FHI-rapport 2015)
 - Kun 39 % og 41 % av vannverkene har gitt tilstrekkelig data for henholdsvis lukt og smak. Per dags dato finnes ikke et eneste laboratorium i Norge med akkreditert analyse av lukt- og smaksparametere. Det mangelfulle analysetilbudet i Norge ble påpekt allerede for 20 år siden av Næringsmiddeltilsynet¹. Lite er gjort siden den gang
- ✓ **Mangelfull tilgang til mer avanserte analyser av spesifikke lukt- og smaksstoffer**
 - Prøver sendes til utlandet (bl. a. Frankrike) for analyse, med lang transporttid, høye kostnader og rådgivning uten kjennskap til norske forhold
- ✓ **Årsakene til lukt- og smaksproblemer i drikkevann er ofte sammensatte og komplekse, og utfordringene kan være svært vanskelig å forstå og løse**
- På grunn av punktene over har det ikke blitt opparbeidet noe særlig støtteverktøy til kommuner/konsulenter. Vannverk og rådgivere famler derfor ofte i mørket når de står ovenfor lukt- og smaksutfordringer. Spesielt små kommuner og vannverk er særlig utsatt grunnet manglende ressurser
- SINTEF disponerer **avansert massespektrometrisk utstyr**, og man arbeider nå for å etablere en analyseplattform, et fagmiljø og en grobunn for kompetanseutvikling innenfor lukt- og smaksproblematikk i Norge

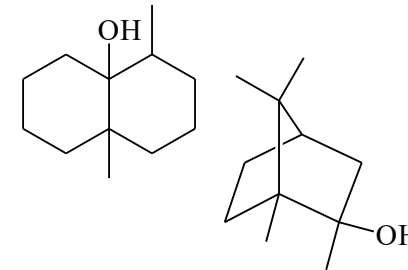
1) Gjerstad, K.O. (1996) Lukt- og smaksproblem i drikkevann, NFR rapport nr 3/96

Vanlige kilder til lukt/smakproblemer

- Utslipp/forurensninger i nedbørfelt/vannkilde
 - NOM, kloakk, avrenning, forurensningsutslipp kan påvirkes av oksygenmangel/biologiske prosesser

- Algeproduserte stoffer (blågrønnalger)

- Geosmin* m/lukterskel på ~10 ng/l
- 2-methylisoborneol (2-MIB)* m/lukterskel på ~ 29 ng/l
- Typisk "jordaktig – fuktig", eller "mugglignende"
- Mjøsa/Glomma-vassdraget 1969-76; Moss/Rygge 2000 (2-MIB)*



- Utslipp/kjemikalier

- Metaller fra råvann, vannbehandling og korrosjon*
- Stoffer som kan diffundere gjennom rørvegger; MTBE (metylbutylester fra bensin)*

- Stoffer som kan lekke ut fra materialer i kontakt med vannet

- Høydebasseng (overflatebelegg, gelcoat, etc)*
- Plastmaterialer/PE-rør/epoksy/lim*
- Jern, Kobber og andre metaller fra rør/armatur*

- Kloreringsbiprodukter

- Klorfenoler; klororganiske forbindelser*

- Biologiske omsetningsprodukter

- Kloranisoler (med ekstremt lav lukterskel, < 0.1 ng/L)*

Eksempler på Lukt- og smaksepisoder med mulige årsaker



Lukt og smak på kommunalt drikkevann, Meråker 2013
Vårsirkulasjon?

Dårlig lukt og smak på vann fra Aure vassverk 2016
Klor?

Ski kommune advarer mot drikkevannet
Klor?

Dårlig lukt og smak på drikkevannet, Verran 2013
?

Vond lukt og smak på vann fra Seljestad vannverk, Odda 2015
Nye PE-rør?

Unormal lukt og smak på drikkevannet i Fredrikstad 2016
?

Vond lukt og smak på vann fra Tonstad vannverk, Sirdal 2017
Nye PE-rør?

Vond lukt og smak på vann fra Gyland vannverk, Flekkefjord 2020
Nye PE-rør?

Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)

Dato	FOR-2016-12-22-1868
Departement	Helse- og omsorgsdepartementet
Publisert	I 2016 hefte 19
Ikrafttredelse	01.01.2017
Endrer	FOR-2001-12-04-1372 , FOR-2003-10-10-1233
Gjelder for	Norge
Hjemmel	LOV-2003-12-19-124-55 , LOV-2003-12-19-124-56 , LOV-2003-12-19-124-57 , LOV-2003-12-19-124-58 , LOV-2003-12-19-124-59 , LOV-2003-12-19-124-510 , LOV-2003-12-19-124-514 , LOV-2003-12-19-124-515 , LOV-2003-12-19-124-516 , LOV-2003-12-19-124-523 , LOV-2003-12-19-124-524 , LOV-2003-12-19-124-525 , LOV-2003-12-19-124-526 , LOV-2003-12-19-124-527 , LOV-2003-12-19-124-528 , LOV-2003-12-19-124-532 , FOR-2003-12-19-1790 , LOV-2000-06-23-56-52-2 , LOV-2011-06-24-29-54 , LOV-2011-06-24-29-55 , LOV-2011-06-24-29-56 , LOV-2011-06-24-29-57 , LOV-2011-06-24-29-58 , LOV-2011-06-24-29-510 , LOV-2011-06-24-29-531 , LOV-2011-06-24-29-532
Kunngjort	30.12.2016 kl. 15.15
Rettet	03.01.2017 (§ 18)
Korttittel	Drikkevannsforskriften

Forskriften stiller krav til vannverkseier - og huseier

§5: **Vannverkseier** skal sikre at drikkevannet er helsemessig trygt, klart og **uten framtreddende lukt, smak og farge** (ved påkoblingspunkter mot interne fordelingsnett)

§6: **Vannverkseieren** skal identifisere **farene** som må forebygges, fjernes eller reduseres til et akseptabelt nivå for å **sikre levering** av tilstrekkelige mengder helsemessig trygt drikkevann som er klart og **uten fremtreddende lukt, smak og farge**. Vannverkseieren skal sikre at **tiltak** som forebygger, fjerner eller reduserer farene til et akseptabelt nivå, identifiseres og gjennomføres

§13: **Vannverkseieren** skal sikre at råvannet behandles slik at drikkevannet tilfredsstillende kravene i §5

§16: **Vannverkseieren** og **eieren av internt fordelingsnett** skal sikre at de **materialene** som kommer i kontakt med drikkevannet, er helsemessig trygge. Materialene skal ikke avgi stoffer til drikkevannet i helsefarlige mengder eller i mengder som bidrar til at drikkevannet blir mindre klart eller får framtreddende **luke, smak eller farge**

LOSiNOR: Lukt Og Smak i NORske drikkevann



Deltagere: Bærum, Odda, Trondheim, Sirdal, Vågå, Åfjord, NRV, IVAR, Norsk Vann, Norconsult, SINTEF

4 Fokusområder

- i. Lukt/smak fra PE-rør
- ii. Lukt/smak fra membran-anlegg/membranvask
- iii. Klorgenerert Lukt/smak
- iv. Lukt/smak fra alger

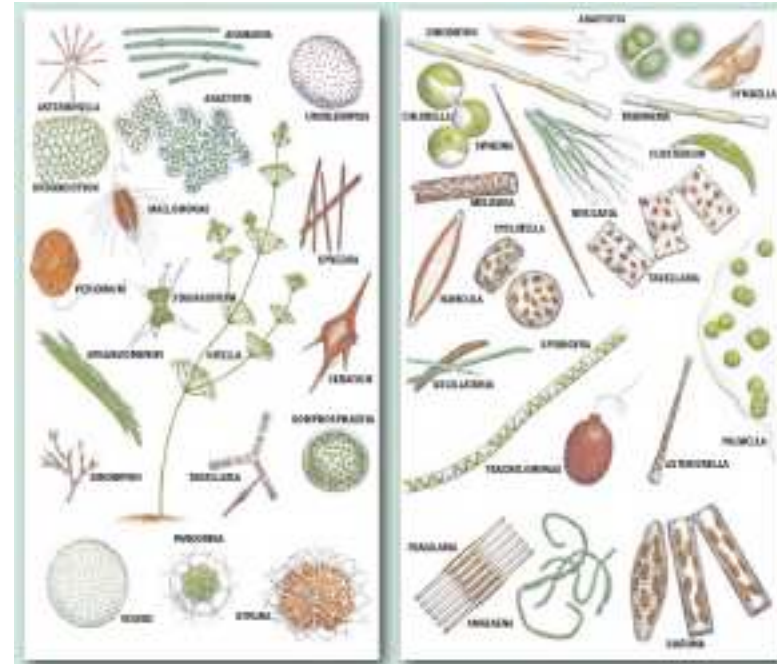
Budsjett: 4.25 mill NOK

Mål for LOSiNOR-prosjektet

- ✓ Utvikle kompetanse og analysetilbud/verktøy for lukt- og smak i drikkevann i Norge
- ✓ Identifisere egnede analysemetoder og utvikle en analyseplattform for lukt- og smaksstoffer
- ✓ Utrede årsakssammenhenger og tiltak mot lukt- og smaksproblemer i norske drikkevann
- ✓ Utarbeide en enkel rapport/veileder, og formidle kunnskap gjennom faglige artikler og foredrag
- ✓ Bidra til å bygge opp et fagmiljø rundt lukt- og smak i Norge som kan gå inn på årsaker, analyser og aktuelle tiltak
- ✓ Legge grobunn for videre prosjekter og FoU innen lukt og smak i drikkevann i Norge
- ✓ Hovedfokus på lukt og smak fra alger, klorering, PE-rør, og membranfiltrering

Algeprodusert Smak og Lukt

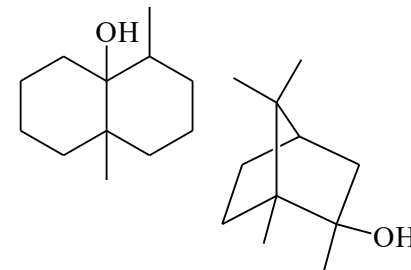
- ✓ Algeprodusert lukt og smak omfatter i hovedsak stoffene **geosmin** og **2-metylisoborneol (2-MIB)**. Slike lukt- og smaksstoffer er svært vanlig forekommende i mange land, og det dukker jevnlig opp tilfeller også i Norge (f.eks. Mjøsa, Aurevann, Vansjø). Visse alger kan i tillegg til lukt- og smaksstoffer også produsere toksiner
- ✓ Klimaendringene med et villere, våtere og varmere klima kan medføre økt innhold av **NOM** (farge) i vannet. Økt temperatur, økt vindpåvirking og økt tilførsel/mobilisering av nærings-salter kan også gi risiko for økte/hyppigere **algeforekomster** i norske drikkevannskilder, noe som også innebærer økt risiko for lukt/smaksepisoder



Algeprodusert Lukt og Smak

Jordaktig, muggen, potetbinge....

- *Geosmin* m/lukterskel på ~10 ng/l
- *2-methylisoborneol (2-MIB)*
m/lukterskel på ~ 29 ng/l



Algal Class	Example genera	Water treatment problems
Cyanophyceae (Blue-green algae)	<i>Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria.</i>	Filter blockage, taste and odour, toxic metabolites.
Chlorophyceae (Green algae)	<i>Chlorella, Scenedesmus, Spirogyra.</i>	Taste and odour, filter blockage.
Bacillariophyceae (Diatoms)	<i>Asterionella, Fragilaria, Melosira</i>	Taste and odour, filter blockage.

AWWARF 2004; Hall et al 2005

Relativt enkel kildesporing og analyse

Klorering

- ✓ Lukt og smak assosiert med klorering av vann er en kjent utfordring. Flere større kommuner får tidvis klager på klorlukt/klorsmak, uten at dette oppleves som et stort problem. Men det er likevel et ønske om å forbedre forståelsen av problematikken, slik at passende tiltak kan settes inn. Problemet må sees i sammenheng med innhold av naturlig organisk materiale (NOM), som etter klorering kan danne klororganiske forbindelser
- ✓ Selve kloreringen, som er en oksidasjonsprosess, kan også endre sammensetningen av NOM og gjøre denne mer biologisk tilgjengelig, og slik sett medføre økt biologisk aktivitet på ledningsnett. Dette er særlig relevant der man har anvender lavklorering og klorfrie ledningsnett, slik tilfellet er i Norge. I land som eksempelvis USA og England anvendes klordoser som er så høye at ledningsnettets beskyttes mot biologisk vekst.
- ✓ Det finnes også en hypotese om at UV i høye doser kan føre til økt biologisk vekst og biofilmdannelse, med økt dannelse av lukt/smaksstoffer. Dette er relevant der UV-dosene kan bli svært høye ($>> 40 \text{ mJ/cm}^2$), eksempelvis der man har utilstrekkelige muligheter for effektjustering i UV-anlegget, og/eller i perioder med svært lavt vannforbruk

Lukt/smak fra PE-rør

- ✓ Norsk Vann har fått tilbakemelding om lukt- og smaksproblematikk fra nylagte PE-rør. RIN-Norge¹⁾ er også oppmerksom på problematikken. Ofte oppstår slike lukt- og smaksproblemer et par uker etter rørene er lagt, og lukten og smaken vedvarer i 1-2 år. Norsk Vann har vært i kontakt med en rekke kommuner som kan bekrefte at de opplever denne problematikken som reell: Sirdal, Vennessla, Iveland, Bykle, Lillesand, Odda, Arendal og Vågå kommune
- ✓ Problemene ser ut til å være knyttet til vannkvaliteten, og det er kommuner som har problem ved noen vannverk, mens problemet er fraværende i andre vannverk. En hypotese er at det er rester etter smøremiddel fra rørproduksjonen (ekstruderingen) som reagerer med humusstoffer i vannet og som danner en biofilm som genererer lukt- og smaksstoffer
- ✓ Rørprodusentene mener det er feil å skylde på PE-rørene²

1) <http://rin-norge.no/luke-og-smak-i-ferske-pe-ledninger/>

2) [Rørprodusent om illeluktende drikkevann: Feil å skylde på PE-rørene \(nemitek.no\)](#)

Membranfilteranlegg (nanofiltrering-NF)

I Norge er det om lag 120 NF-anlegg (membrananlegg) i drift. Også mer åpne ultrafilteranlegg (UF) kombinert med forkoagulering anvendes i økende grad, og andelen av slike membran-anlegg vil trolig øke i fremtiden.

I Norge brukes NF-anlegg spesielt i mindre og mellomstore kommuner, der klor og i noen grad også spesielle vaskemidler (tensider) anvendes for å kontrollere beleggdannelsen på slike tette membraner. Lukt- og smaksutfordringer har oppstått i noen slike anlegg. Vannet får en typisk lukt av «myr» og/eller «mugg», og noen opplever en spesiell «stank» under dusjing. Det er dokumentert³ at det kan dannes klorfenoler (inkl. di- og triklorfenoler) ved klorvask av membraner/belegg på vannverk. Klorfenolene kan lekke gjennom membranen og deretter omdannes biologisk på ledningsnettet til trikloranisoler med muggaktig lukt og smak og med *svært lave terskelverdier* (< 1 ng/l).

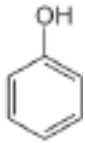
En slik mikrobiell konvertering av klorfenoler til trikloranisoler kan skje på grunn av mikrobiologiske prosesser (muggsopp) i ledningsnettet, og fenomenet er kjent også fra andre vannverk (bl.a. Zürich)⁴. Det samme er også rapportert fra filtersenger og slamtanker.

³) Eikebrokk, 2013. Lukt- og smaksproblem i drikkevann – et eksempel fra Åfjord kommune, VA-dagene i Midt-Norge, 30-31 oktober 2013

⁴) Peter and von Gunten, 2009. Taste and odour problems generated in distribution systems: A case study on the formation of 2,4,6-trichloroanisole, AQUA 58.6

Luktproblemer på nettet etter Nanofiltrering

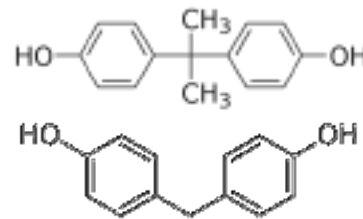
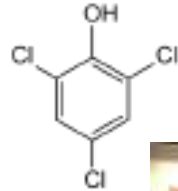
Fra fenoler og bisphenoler til triklorfenoler og trikloranisol ?



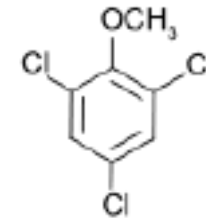
Fenol/karbolsyre: En del av NOM

Klorfenol: Kan dannes via enzymatisk klorering av NOM (*kloroperoxydase*)

Hodin et al,1991



Triklorfenol: Fra klorvask av NOM-belegg på membranen, og fra klorering av bisphenol som lekker fra lim/epoxy i membranmodulene



Trikloranisol: Dannes ved mikrobiell omsetning av triklorfenol i ledningsnettet

Komplekse sammenhenger som krever helhetstenkning, omfattende og avanserte analyser

Om Analyse av lukt- og smak

Etter Callejon et al., Journal of Chromatography, 2016

- ✓ Bestemmelse av substanser som gir lukt og smak er ingen enkel affære
- ✓ Man må ha kontroll på alle mulige kontamineringskilder fra laboratorium, utstyr og personell: Parfyme, personlige pleieprodukter, mm
- ✓ Et dedikert analyseområde bør settes av, og standarder og prøver må holdes atskilt
- ✓ Flyktige stoffer må ikke kunne unngå under prøvetaking og analyse
- ✓ De aktuelle lukt/smaksstoffer opptrer i svært lave konsentrasjoner (ofte ng/L), og identifikasjon og kvantifisering krever derfor høysensitive og selektive analysemetodikker
- ✓ Analysemetoder basert på GC-MS har vært dominerende, men sensitiviteten er ikke høy nok for mange substanser
- ✓ Forbehandling og oppkonsentrering av prøvene før analyse er derfor ofte nødvendig, og flere substans-spesifikke teknikker kan anvendes for dette formålet – hver med sine fordeler og ulemper

Oppsummering

- ✓ **Flere norske vannverk** har tidvis problemer med Lukt og Smak (LoS)
- ✓ **Kildene til LoS kan være flere** – og de kan være vanskelige å identifisere: alger, NOM, kjemikalier, petroleumsprodukter, metaller, utlekking fra materialer i kontakt med vann, og de kan skapes av fysiske/kjemiske og mikrobiologiske prosesser i kilde, VBA og ledningsnett
- ✓ **Analysetilbudet** for lukt/smakstoffer er mangelfullt - **og må styrkes!**
- ✓ Lukt- og smaksepisoder kan ofte **varierte i tid og sted**, med **komplekse årsakssammenhenger** (“lukten var borte før prøven ble tatt”...)
- ✓ **LOSiNOR** fokuserer spesielt på: i) Lukt/smak fra PE-rør, ii) Lukt/smak fra membranlegg/membranvask, iii) Lukt/smak fra kloreringsprosesser, og iv) Algeprodusert Lukt/smak
- ✓ **Utvikling av et analysetilbud/en analyseplattform** står sentralt i LOSiNOR. Det henvises til andre innlegg for beskrivelse av analysene og eksempelstudier fra LOSiNOR – og det kommer en oppsummerende rapport i 2023