

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0-23/68

UNDERSØKELSER AV VANNKVALITETEN
VED HORTEN VANNVERK
16/7 -2/12 1969

Saksbehandler: Avdelingssjef J.E. Samdal

Rapporten avsluttet 29. desember 1969.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	<u>Side</u>
1. Innledning	3
2. Problemstilling	4
3. Tidligere undersøkelser	4
4. Resultater	5
4.1. Vannkvaliteten	5
4.2. Slamundersøkelser	9
4.3. Laboratorieforsøk	11
5. Sammenfattende diskusjon	13
6. Konklusjon. Praktiske tiltak som bør overveies for å forbedre vannkvaliteten	14

TABELLFORTEGNELSE

0 Oversikt over analysekomponenter, forkortelser og enheter	16
1 Analyseresultater av vannprøver fra Horten vannverk i perioden 20/5 - 5/10 1966	17
2 Analyseresultater av vannprøver fra Horten vannverk i perioden 20/8 1958 - 22/11 1961	18
3 Resultater av undersøkelser utført i tiden 12/8 1968 - 16/8 1968	19
4 Resultatene av kjemiske undersøkelser	20-25
5 Restklormengde ved klorering av utluftet råvann og filtrert vann	26
6 Lukt på råvann og filtrert vann etter klorering	27
7 Luktverdier etter dosering av aktivt kull	27
8 Luktverdier etter dosering med aktivt kull (Norit 48932)	28

UNDERSØKELSER AV VANNKVALITETEN VED HORTEN VANNVERK

16/7 - 2/12 1969.

1. Innledning

I en henvendelse fra stadslege J. Batt, Horten kommune, den 25/4 1968, redegjorde stadslegen for en del lukt- og smaksulemper som forekom på drikkevannet i Horten. Problemene i denne forbindelse ble nærmere diskutert på et møte i Horten den 24/5 1968 hvor foruten stadslegen også byingeniør J. Ryste var til stede. På dette møte ble det avtalt at vårt institutt (NIVA) skulle oversende byingeniøren et forslag til undersøkelsesprogram for å klarlegge lukt- og smaksulempene på drikkevann. Undersøkelsesprogrammet med omkostningsramme ble oversendt byingeniøren i brev av 19/8 1968.

I brev fra stadslege J. Batt, mottatt på NIVA 11/9 1968, ble vi meddelt at man ønsket å vente med omfattende undersøkelser av nåværende drikkevannskilde, idet dette spørsmål ville bli koblet sammen med utbyggingen av vannverket i sin helhet.

Spørsmålet om et undersøkelsesprogram i Horten kom imidlertid opp igjen i en telefonsamtale den 2/6 1969 med sivilingeniør B. Skagestad, A/S VIAK. A/S VIAK hadde fått i oppdrag å projekte en utvidelse av det nåværende renseanlegg ved Borrevann, og Horten kommune ønsket nå utført en undersøkelse i denne forbindelse med sikte på kartlegging av lukt- og smaksulempene. Undersøkelsesprogrammet ble diskutert i detalj på et møte og under en befaring i Horten den 4/7 1969. På dette møtet og på denne befaringsen deltok:

Byingeniør J. Ryste, Horten kommune

Byveterinær Ivar H. Berg, Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen,
Borre, Holmestrand og Horten

Sivilingeniør B. Skagestad, A/S VIAK

Sivilingeniør J. Hanestad, A/S VIAK

Avdelingssjef J.E. Samdal, NIVA

Det ble bestemt på møtet at byveterinæren skulle utføre en del av vannundersøkelsene i undersøkelsesprogrammet, mens man ved NIVA's laboratorium i Oslo skulle foreta enkelte supplerende undersøkelser.

2. Problemstilling

Borrevannet er en eutrofiert innsjø og erfaringsmessig er det ofte vanskelig å fremstille drikkevann av førsteklasses kvalitet med hensyn til lukt og smak av eutrofiert råvann. Vannverkets inntak er enten fra overflaten eller fra ca. 14 m dyp. Forklorering av råvannet er nødvendig for å forhindre vekst i renseanlegget, men slik forkloring medfører lukt og smak på vannet som best karakteriseres som klorliknende. I stagnasjonsperiodene har det ved Horten vannverk vært alminnelig praksis å benytte dypeste inntak idet man har funnet at dette råvann gir minst problemer; alle forhold tatt i betraktning. Råvannet i dyplagene i Borrevann i stagnasjonsperiodene er imidlertid oksygenfattig, og dette kan gi opphav til råttent lukt og smak. Endelig nevnes at man mener å ha observert lukt og smak som best karakteriseres som muggen, gressliknende eller jordaktig. Råvannet i stagnasjonsperiodene har inneholdt betydelige mengder mangan, og slik renseprosessen er utformet, fjernes ikke mangan i nevneverdig utstrekning. Innhold av mangan har ikke vært direkte rapportert som ulempe ved vannet; men det er alminnelig kjent at større mengder mangan kan forårsake korrosjons- og slamulempet på ledningsnett. Til slutt pekes på at vannverkets åpne rentvannsbasseng muligens kan ha betydning for lukt- og smaksproblemet, idet det her forekommer algevekst.

3. Tidligere undersøkelser

Borrevannet er tidligere undersøkt av Jan Økland (Folia Limnologica Scandinavica, nr. 13, Universitetsforlaget 1964), men i denne undersøkelsen er ikke hovedvekten lagt på vannkvaliteten.

I tidsperioden 1958 - 1966 ble vannkvaliteten ved Horten vannverk undersøkt ved forskjellige anledninger, og disse undersøkelsene ble utført i alt vesentlig ved Statens institutt for folkehelse, Firma Wetlesen & Roll A/S og Norsk institutt for vannforskning. Resultatene av undersøkelsene står sammenstillet i tabell 1 og 2.

En orienterende undersøkelse av vannkvaliteten ble også utført av NIVA i 1968; delvis i forbindelse med utarbeidelsen av vårt undersøkelsesprogram. Rapport for denne undersøkelse ble oversendt stadslege J. Batt med brev av 4/9 1968, og resultatene av våre kjemiske undersøkelser står sammenfattet i tabell 3.

4. Resultater

4.1. Vannkvaliteten

Resultatene av våre kjemiske undersøkelser av vannkvaliteten er oppstilt i tabell 4.

Prøvetakingen begynte 16/7 1969, og prøvene fra denne dato t.o.m. 6/8 s.å. ble tatt av personale ved renseanlegget. Prøvetakingsstedene i denne korte, første innføringsperiode begrenser seg til 3 steder, nemlig etter sandfilter samt før og etter høydebasseng. Prøvene ble sendt til NIVA's laboratorium i Oslo og analysert der.

I perioden 16/7 - 6/8 må man regne med at oksygenmetningen, i henhold til tidligere utførte undersøkelser av Jan Økland, var lavere enn det som er angitt i tabell 4, og vi regner derfor med at det i denne perioden opptrådte vanskeligheter med prøvetakingen. Dette syn støttes av at manganverdiene var høye i hele perioden. En del analyseresultater for farge, turbiditet og jerninnhold var også høye i denne prøvetakingsperioden.

Fullt prøvetakingsprogram fra 6 prøvetakingssteder (råvann, før sandfilter, etter sandfilter, Holtandalen, høydebasseng og Skippergt. 9) kom i stand fra og med 12/8 d.å. Prøver tatt fra denne dato og utover ble analysert av NIVA m.h.p. turbiditet, permanganattall, innhold av rest-aluminium, jern og mangan, mens de øvrige analysekomponenter ble utført ved Kjøtt- og næringsmiddelkontrollen Borre, Holmestrand og Horten.

Det legges merke til i tabell 4 at råvannet inneholdt lite oksygen den 12/8, og dette tyder igjen på, som tidligere nevnt, at oksygenverdiene i den første prøvetakingsperiode var for høye. For øvrig illustrerer analyseresultatene for prøvene tatt 12/8 at renseanlegget gir renvann med god kvalitet med lavt innhold av rest-aluminium. Bare en liten del av råvannets manganinnhold fjernes i renseanlegget, og klorrestverdien var lav. Prøvene ble tatt mens man holdt på med rengjøring av et sandfilter, og kalktilsetningen var avstengt slik at pH-verdiene før og etter sandfilteret var lavere enn vanlig. Lukt- og smaksverdiene var relativt lave. Lukten og smaken på råvannet ble karakterisert som jordaktig, mens lukten og smaken etter sandfiltrene var klorliknende. Lukten og smaken på vannet fra ledningsnettets var en kombinasjon av de to nevnte lukt- og smaksfor-
nemmelser.

Ved prøvetakingen den 19/8 ble det funnet relativt lave klorrest-verdier, og klor kunne ikke registreres ved organoleptiske bestemmelser. Lukt- og smaksprøvene var karakterisert ved en ubehagelig kombinasjon av jordaktig, muggen til rått lukt og smak.

Øvrige analyseresultater viste med få unntak omtrent samme forhold som ved prøvetakingen 12/8.

For prøvetakingen 26/8 var lukt- og smaksverdiene høye på filtrert vann, og lukten på råvannet ble karakterisert som utpreget rått. Lukten og smaken på filtrert vann ble karakterisert som en kombinasjon av rått - kjemikali-lukt og smak. I kjemisk henseende var vannkvaliteten stort sett i overensstemmelse med tidligere resultater.

Lukt- og smaksverdiene, særlig etter sandfilter, var høye ved prøvetakingen 2/9, og mens en rått lukt og smak var mest fremtredende på råvannet, var det i prøvene etter sandfilter en slags kjemikalielukt som var mest utpreget. Kjemisk sett var analyseresultatene stort sett som tidligere med unntak av prøven fra Holtandalen som hadde høy farge og turbiditet. Dette forhold må skyldes at slam fra ledningsnettets har kontaminert prøven, og det er rimelig å anta at dette slam inneholder mangandioksyd. Denne substans forstyrrer ved klorbestemmelsene og er rimeligvis årsak til den høye restklorverdi i prøven fra Holtandalen.

Verdiene for lukt var eksepsjonelt høye på prøver tatt ut 9/9, og dette antas å ha sammenheng med at man ved denne prøvetakingen for første gang målte lukt og smak samme dag prøvene ble tatt ut. Det er rimelig å anta at noen av lukt- og smaksbestanddelene er flyktige og at henstand av prøvene natten over fører til lavere lukt- og smaksverdier. Flyktigheten av bestanddelene fremgår også av at lukten er betydelig sterkere enn smaken.

Ettersom lukt- og smaksbestanddelene, iallfall delvis, må skyldes tilstedeværelse av dihydrogensulfid, ble lukt også bestemt etter at råvannet var utluftet ved rysting. Rystingen foregikk i en flaske med råvann av temperatur 23 °C, og oksygeninnholdet steg fra 2,3 mg O₂/l til 7,9 mg O₂/l (94 % metning). Lukten sank samtidig fra 34 til 8.

Kjemisk sett viste analyseresultatene fra prøvetakingen 9/9 høy farge og til dels høy turbiditet på prøver fra enkelte steder på ledningsnettets, og dette må skyldes driftsforholdene ved renseanlegget og/eller slamdannelse på ledningsnettets.

Mens den mest fremtredende lukt på råvannet før rysting og utlufting var rått og kloakkliknende, var lukten etter utrustning og utluftning ikke så ubehagelig og mer gressaktig eller jordaktig.

Ved prøvetakingen 16/9 og senere ble lukt og smaksbestanddelene igjen, slik som ved prøvetakingen den 9/9, utført samme dag som prøvene ble tatt, og disse analyseresultater er derfor antakelig ikke direkte sammenliknbare med lukt- og smaksresultatene fra perioden 12/8 til 2/9. Lukten var som tidligere rått for råvannets vedkommende mens lukten etter sandfilter var mer klorliknende.

Ved rysting og utluftning økte råvannets temperatur fra 14 til 20 °C, mens oksygeninnholdet økte fra 2,5 til 8,3 mg O₂/l (95 % metning). Luktverdien sank fra 34 til 4; - et resultat som klart viser luktbestanddelenes flyktighet.

Analyseresultatene for øvrige kjemiske komponenter var omtrent som ved tidligere prøvetakinger.

Prøvene tatt 23/9 viste for oksygenets, lukkens og smakens vedkommende en betydelig bedring sammenliknet med tidligere prøvetakinger. Den råtne lukten på råvannet var nærmest borte, og lukten og smaken på råvannet ble karakterisert som gressaktig. Forklaringen på forbedringen må skyldes sterk kuling 22/9 med utluftning av vannmassene i dyplagene i Borrevann. Utluftningen økte vannets oksygeninnhold og fjernet dihydrogensulfid som var ansvarlig for vannets råtne lukt. I overensstemmelse med dette ble det ved rysting og utluftning av råvannet (20 °C) funnet en økning av oksygeninnholdet fra bare 8,1 til 8,5 mg O₂/l (97 % metning), mens luktverdien etter utluftning og rysting var den samme som på selve råvannet, nemlig 8. Lukt- og smaksverdiene etter sandfilter var fortsatt høye. Vannets innhold av mangan var markert lavere enn ved prøvetakingen 16/9, og dette forholdet må også skyldes den før omtalte utluftning, idet mangan ble oksydert og utfelt.

Analyseresultatene for prøvetakingen 30/9 var stort sett i overensstemmelse med resultatene fra prøvetakingen 23/9. I perioden mellom disse to prøvetakingene sank vannets temperatur, og det var en del vind som må ha luftet vannet ytterligere i dyplagene i Borrevann. Oksygeninnholdet var steget til 9,4 mg O₂/l, og lukten og smaken på råvannet var moderat. Råvannets lukt og smak ble karakterisert som gressaktig, og lukten på vannet etter sandfilter var en kombinasjon av denne lukt og klorlukt. Rysting av råvannet og utluftning økte temperaturen til 17 °C, mens det ikke ble registrert økning i oksygeninnholdet (minskning fra 9,4 til 9,2 mg O₂/l). Lukten var 8 etter utluftning, og dette viser at det nå ikke er flyktige komponenter som er ansvarlige for lukten på råvannet. Utluftningen har ført til at innhold av mangan er sunket i forhold til prøvetakingen 23/9.

Lukt- og smaksverdiene var lave ved prøvetakingen 7/10 sammenliknet med tidligere prøvetakinger, og det var bare såvidt man kunne registrere sikker smak.

Prøven fra Holtandalen inneholdt, som ved enkelte tidligere anledninger, en del slam som antas å stamme fra ledningsnett.

I perioden som begynner med prøvetakingen 14/10 og t.o.m. prøvetakingen 29/10, var forholdene sammenliknet med tidligere, stort sett karakterisert ved et relativt godt utluftet råvann med lavt innhold av jern og mangan. Renseeffekten i anlegget var gjennomgående god, mens enkelte prøver fra Holtan var preget av relativt høy farge og turbiditet; - et forhold som må antas å skyldes slam fra ledningsnett. Lukt- og smaksverdiene var gjennomgående lave. Fra og med 12/10 ble råvannet tatt på 8 m dyp ved hjelp av nytt inntak, men virkning av det nye inntaket i tidsperioden kan ikke påvises. Virkningen må imidlertid kunne påvises i stagnasjonsperiodene. Vannets lave pH-verdi den 29/10 antas å skyldes målefeil.

Fra og med prøvetakingen 5/11 ble prøvetakingsstedene redusert fra 5 til 3. Fra 26/11 ble råvann tatt fra Borrevannets overflate. Analyse-resultatene for prøvetakingsperioden 5/11 - 2/12 var karakterisert ved lave lukt- og smaksverdier sammenliknet med den tidligere perioden hvor vannets oksygeninnhold var lavt. Slik som tidligere lå luktverdien og til dels smaksverdien gjennomgående høyest etter sandfilter. Driftspersonale opplyste at for perioden 5/11 - 2/12 oppsto det ofte driftsproblemer idet fellingen gikk dårlig, og man har antatt at dette har sammenheng med vannkvaliteten på 0-8 m dyp ved de nye inntak. En del analyse-resultater er i overensstemmelse med at driftsforholdene må ha vært vanskelige. Det pekes i denne forbindelse først og fremst på høy turbiditet og rest-aluminium etter sandfilter for prøvetakingen 5/11, og høy turbiditet og aluminiumsinnhold i vannet fra Skippergt. 9 11/11. Verdiene for turbiditet, rest-aluminium, farge og permanganattall på vannet etter sandfilter og i Skippergt. 9 den 25/11 og 2/12 tyder også på at driftsforholdene ikke var gunstige.

4.2. Slamundersøkelser

I undersøkelsesperioden ble en del prøver av slam fra ledningsnett og høydebassenget undersøkt mikroskopisk.

Prøve fra Holtandalen. Prøven ble mottatt fra byveterinær Ivar H. Berg 8/9 1969, og hensikten med undersøkelsen var å fastslå om slammet stammet fra råvanskilden eller ledningsnett. Slammet var rustbrunt av farge.

Det inneholdt både jern og mangan, og fnokkene i slammet syntes å bestå av ikkebiologisk materiale. Ved oppløsning av jernhydroksyd i fnokkene ble noen få partikler, som muligens var mikroorganismer, tilbake.

For å bestemme om slammet kom fra råvann eller stammet fra ledningsnettet, måtte man ha slam fra råvann for sammenlikning. Sannsynligvis var slammet dannet ved korrosjon av jern.

Slamprøve i Club-Soda mottatt fra byveterinæren 8/9. Slammet var mørkt brunt, finkornet og inneholdt relativt mye manganoksyd. En del fnokker av biologisk karakter fantes i slammet, og disse fnokkene kan ha vært dannet ved vekst av mikroorganismer. Innhold av bakterier i slammet var tydelig, men alger ble ikke observert. Det er mulig at dette slammet er dannet i selve ledningsnettet, og utseende kan minne om slam observert i ledningsnett fra andre vannverk.

Club-Soda, prøve 2, mottatt fra byveterinæren 8/9. På bunnen av flasken var det et tykt lag av slam, og det var litt mørkere enn rustbrunt av farge. Både treverdige jern- og manganoksyd ble påvist i slammet, og det så ut som om det kunne stamme fra Holtandalen. Etter oppløsning av jernpartiklene ble det en del partikler tilbake som var kolonier av bakterier av genus Caulobacter, dvs. stilkebakterier. Disse likner mye på Hyphomicrobiales som er isolert i andre vannverks ledningsnett. Sannsynligvis er slammet en blanding av korrosjonsprodukter (rust) og bakterievekst. Stilkebakteriene har aldri vært nevnt i forbindelse med jern og manganforekomst; men de kan likevel være i stand til å oksydere og felle ut jern og mangan. Antakelig er imidlertid hovedproblemet med slammet i prøven av korrosjonsteknisk art.

Slam fra bunnen av høydebasseng. Prøve tatt 8/9. En del av slammet var tydelig blågrønt på farge, og ved mikroskopering viste det seg at tette matter av en grønn, filamentøs organisme, ca. 1 μ bred, kunne påvises. Noen av filamentene var tydelige celler som hos Sphaerotilus, mens andre var glatte og tydelig grønne. Antakelig besto den blå-grønne fraksjon av en blanding av Clamydobakteraceae, Sphaerotilus, Leptotrix, Crenotrix etc. samt blå-grønnaiger, men de siste dominerte i mengde.

En mørk brun fraksjon av slammet besto av samme komponenter som nevnt foran, men så ut til å være dekket med et jernoksydholdig materiale. Dette lot seg fjerne med reagenser, og det fremkom deretter store mengder små tykke staver som antakelig var bakterier.

Gløderest-bestemmelse på slammet viste at denne var 67,3 % av tørrstoffet, mens innhold av aluminium var 15 % av tørrstoffet. Tilsvarende bestemmelser for tørket slam som var lagt på land ved bassenget, var 67,3 % som gløderest og 52 % aluminium i tørrstoffet. Disse analyseresultatene viser at det ved siden av biologisk materiale også finnes en del aluminium i høydebassenget, og dette aluminium må akkumuleres i høydebassenget som aluminiumhydroksyd som i oppløst tilstand passerer gjennom renseanlegget. Slamdannelsene i høydebassenget kan også skyldes kalkslam idet det doseres kalkslurry etter sandfiltrene i renvannsbrønnen ved renseanlegget.

4.3. Laboratorieforsøk

Hensikten med laboratorieforsøkene var å få en pekepinn om hvilke tiltak som kunne redusere lukt- og smaksulempene på vannet.

Utluftning av vannet med oksygenering er allerede nevnt under punkt 4.1., og ved inntak under sprangsjiktet i vannmasser med lavt oksygeninnhold vil utluftning gi markant luktforbedring. Luftning er imidlertid ikke tilstrekkelig for å fjerne lukten og smaken fullstendig. Mens lukten og smaken før utluftning kan karakteriseres som råttent, var lukten og smaken etter utluftning mer gress- og jordaktig.

Bortsett fra lufteforsøkene fulgte planene for øvrige laboratorieforsøk to hovedlinjer: enten oksydasjon av lukt- og smakskomponentene med oksydasjonsmidler eller fjerning av lukt- og smakskomponentene ved absorpsjon med aktivt kull.

Kloreringsforsøkene ble utført med råvann fra Borrevann (tatt 26/9, og altså etter utluftning av Borrevannets vannmasser). Hensikten med

kloreringsforsøkene var å prøve om sterkklorering oksyderte smakskomponentene og overførte dem i poly-klorsubstitusjonsprodukter med mindre lukt- og smaksulemper enn mono-klorsubstitusjonsprodukter.

Restklormengdene ved dosering av 1 - 6 mg Cl_2 /l og etter 1 - 3 timers oppholdstid fremgår av tabell 5.

Resultatene i tabell 5 indikerer at oksydasjonen med klor synes mer tidsavhengig ved lave enn ved høye doseringer. Oksydasjonen kan fullføres enten ved lave doser og lang reaksjonstid eller med kort reaksjonstid og høy klordosering.

Gjennomgående var klorforbruket mindre på filtrert vann enn på råvann. For øvrig var resultatene omtrent som for råvann.

Lukten på klorert råvann og klorert, filtrert vann står sammenfattet i tabell 6. For råvannets vedkommende hadde henstandstiden ingen betydning for lukten med 1 mg Cl_2 /l; men for doser i området 2 - 6 mg Cl_2 /l så det ut til at lukten var mindre ved lang enn ved kort henstandstid.

For filtrert vann syntes henstandstiden å redusere lukten ved dosering av 1 og 4 mg Cl_2 /l, mens henstandstiden ikke hadde noen innvirkning på lukten ved 2 og 6 mg/l. Lukten var til dels mindre på klorert, filtrert vann enn på råvann, og dette tyder på at det suspenderte materiale (alger m.v.) ved klorering gir høy luktverdi. Forholdet synes å tyde på at forklorering av råvann gir størst luktulemper, mens ulempene blir mindre hvis kloreringen foretas etter filtrering.

Lukten på klorert råvann og filtrert, klorert vann kan karakteriseres som klorliknende, mens den før klorering var gressaktig.

Resultatene av innledende og orienterende forsøk med aktivt kull står sammenfattet i tabell 7.

Lukten på vannet var gressaktig eller klorliknende. Resultatene tyder på at dosering av aktivt kull i området 1 - 2 mg/l reduserer råvannets gressliknende lukt med 20 minutters kontakttid for det aktive kull. Klorert råvann hadde gressliknende lukt, og det kunne ikke påvises nevneverdig positiv virkning av adsorpsjonsmiddelet når doseringene var fra 1 - 4 mg/l.

Vannprøver tatt fra innløp sedimenteringskammer, fra foran og etter filter fikk redusert lukt med dosering fra 1 - 2 mg aktivt kull/l.

Resultatene i tabell 8 antyder at større dose med aktivt kull ikke gir nevneverdige fordeler.

5. Sammenfattende diskusjon

Tidligere og nåværende utførte undersøkelser viser at vannet i Borrevann er eutrofiert. I stagnasjonsperiodene er vannets oksygenforbruk stort i dyplagene, og vannet inneholder betydelige mengder mangan. I tillegg opptrer dels flyktige, dels ikke-flyktige komponenter med ubehagelig lukt og smak. Lukten og smaken er råttent, gressaktig, jordaktig og/eller mugen. Den råttne lukt og smak kan fjernes ved utluftning, men dette synes ikke å være tilfelle med den gressliknende, jordaktige lukt- og smaks-komponent. Den siste lukt- og smaks-komponent går ved klorering øyensynlig over i en klorliknende lukt- og smaks-komponent. Det er bemerkelsesverdige at høye lukt- og smaks-komponenter ofte finnes i prøver tatt etter sandfilteret.

Vannets oksygeninnhold øker noe gjennom renseanlegget, idet det foregår en utluftning ved pumping, i bassenger m.v. Dette resulterer i at flyktige lukt- og smaks-komponenter fjernes i renseprosessen.

Råvannets kjemiske kvalitet var, særlig i stagnasjonsperiodene, dårlig med hensyn til komponentene farge, turbiditet, permanganattall samt innhold av jern og mangan. Stort sett reduseres fargen, turbiditeten, permanganattallet og jerninnholdet til akseptable verdier ved renseprosessen, og fellingen foregår øyensynlig stort sett i det optimale området, idet restaluminiumsmengdene gjennomgående var lave. I enkelte perioder synes det imidlertid som om renseprosessen svikter idet fargen, turbiditeten, permanganattallet og til dels jerninnholdet lå relativt høyt. Vannets innhold av mangan fjernes bare i ubetydelig utstrekning i renseprosessen, og det var til dels anseelige mengder mangan i forbruksvannet på ledningsnett. For øvrig var vannkvaliteten på ledningsnett i

Holtandalen ofte påfallende dårlig, og biologiske undersøkelser tyder på at korrosjon og biologisk vekst på ledningsnettene er et problem. Veksten må henge sammen med at vannet er relativt næringsrikt, mens korrosjonsfenomenene kan henge sammen med vannets innhold av mangan.

Resultatene av undersøkelsene viste at omveltning og utluftning i selve Borrevannet i september 1969 resulterte i forbedret vannkvalitet, idet råvannets innhold av oksygen økte betydelig. Samtidig forsvant den råtne lukten av råvannet, og råvannets innhold av mangan ble redusert ved oksydasjon og utfelling.

Laboratorieforsøk med hensyn til lukt- og smaksforbedring av råvannet ble bare utført i begrenset utstrekning idet perioden med karakteristiske lukt og smaksulempere var kort. Resultatene av undersøkelsene tyder på at oksydasjon og adsorpsjon kan redusere lukt og smaksulempene. Oksydasjon med luftens oksygen ved utluftning gav markant forbedring av lukten. Luktforbedringen ved klorering var tvilsom, mens adsorpsjon på aktivt kull hadde en relativt gunstig effekt.

6. Konklusjon. Praktiske tiltak som bør overveies for å forbedre vannkvaliteten.

Råvannskvaliteten er såpass dårlig at en rekke tiltak bør overveies for å oppnå forbedret vannkvalitet. Når det gjelder lukt- og smaksulempene, dreier det seg her først og fremst om en finpolering av vannkvaliteten, og flere av tiltakene bør ikke gjennomføres før resultatene av mer inngående laboratorieforsøk og fremfor alt driftsforsøk i selve vannverket er gjennomført.

1. Variabelt inntak. Et slikt inntak vil gjøre det mulig, til enhver tid, å ta ut råvann som gir best vannkvalitet etter forsøksdrift i selve renseanlegget.
2. Hvis råvann må tas fra dyplagene i stagnasjonsperiodene, vil forluftning av råvannet være fordelaktig.
3. Kontinuerlig forklorering foran filteret bør trolig unngås i størst mulig utstrekning, og man bør prøve om intermitterende forklorering er tilstrekkelig for kontroll av vekst på filterene. Hyppig vask av filterene med kaustisk soda bør overveies.

4. Sterkklorering gir muligens mindre lukt- og smaksulemper enn den nåværende svakklorering, og mulighetene for sterkklorering bør undersøkes nærmere ved driftsforsøk i anlegget.
5. Klordioksyd kan neppe komme på tale av hensyn til klorittdannelse, men klor-klordioksyddosering kan komme på tale og bør undersøkes nærmere.
6. Kloramindosering kan muligens brukes for å kontrollere veksten på ledningsnett.
7. Hjelpekoagulanter som aktivert silika og poly-elektrolytter kan bli aktuelle, og effekten bør undersøkes nærmere.
8. Kontaktmasse av mangandioksyd må anlegges på sandfiltrene for å få fjernet mangan fra råvannet.
9. Oksydasjonsmidler som ozon og kaliumpermanganat samt bruk av aktivt kull bør overveies for å redusere lukt- og smaksulempene.
10. Kalkdosering til pH 7,5 - 8 gjennomføres med kalkvann istedenfor kalkmelk for å redusere ulempene med kalkslam.
11. Høydebassenget bør overbygges bl.a. for å unngå algevekst i vannet der.
12. Undersøkelsene av råvannet og vannet på ledningsnett bør fortsette.
13. En del utstyr bør anskaffes ved vannverket for å utøve tilfredsstillende driftskontroll og driftsstyring på renseprosessen.
14. Driftspersonalet bør få anledning til opplæring i bruk av enkle instrumenter for driftskontroll og for driftsstyring av renseprosessen.

TABELL 0. Oversikt over analysekomponenter, forkortelser og enheter

Analysekomponenter	Forkortelser	Enheter
Temperatur	Temp.	°C
Oksygen	O ₂	mg O ₂ /l
Oksygen metning	% M	%
Surhetsgrad	pH	pH
Spes.el.ledn.evne, v/20°C	Spes.	µS/cm
Farge	Farge	mg Pt/l
Turbiditet	Turb.	J.T.U.
Permanganattall	KMnO ₄	mg O/l
Fritt klor	Klor	mg Cl ₂ /l
Kalsium	Ca	mg Ca/l
Aluminium	Al	mg Al/l
Jern	Fe	µg Fe/l
Mangan	Mn	µg Mn/l
Lukt v/60°C	Lukt	LGV
Smak v/40°C	Smak	SGV

TABELL 1. Analyseresultater av vannprøver fra Horten vannverk i perioden 20/5 1959 - 5/10 1966.

Komponent	Råvann			Renvann		
	min.	maks.	Middel	Min.	maks.	Middel
Surhetsgrad, pH	6,9	7,6	7,2	6,4	7,5	7,0
Spes.ledn.evne v/20°C, µS/cm	135	191	158	71	191	165
Farge, mg Pt/l	15	126	59	upå- viselig	37	8
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	3,0	11,5	6,5	0,10	1,53	0,45
Permanganattall, mg O/l	2,4	6,4	4,7	0,14	2,3	1,6
Alkalitet, ml N/10 HCl/l	4,5	10,2	6,8	3,0	9,6	5,6
Fosfat, orto, mg PO ₄ /l	0,015	0,177	0,058	upå- viselig	0,129	0,022
Klorid, mg Cl/l	15,4	21,5	18,0	14,4	24,1	19,3
Nitrat, mg NO ₃ /l	0,02	6,1	1,8	0,01	7,0	2,5
Sulfat, mg SO ₄ /l	7,2	31,6	19,3	18,8	42,0	29,2
Karbondioksyd, fri, mg CO ₂ /l	1,8	6,8	3,6	1,2	9,4	5,1
Hårdhet, total, mg CaO/l	25	32	28	28	37	32
Jern, mg Fe/l ^{x)}	0,10	1,20	0,36	upå- viselig	0,17	0,10
Mangan, mg Mn/l ^{x)}	upå- viselig	1,02	0,052	upåvisl.	0,90	0,05
Natrium, mg Na/l	11,5	32,0	15,4	11,5	31,6	15,6
Silisium, mg SiO ₂ /l	upå- viselig	10,0	5,2	upå- viselig	10,0	4,0
Bundet for fri ammonium, mg NH/l	upå- viselig	0,87	0,32	upå- viselig	1,51	0,27

Analyseresultatene er utført ved NIVA, med unntak for prøve tatt 5/10 1966 som er utført ved Statens Institutt for Folkehelse (5/10-mottakingsdato).

x)

Noen analyseresultater for Fe og Mn stammer fra Firma Wetlesen & Roll A/S.

TABELL 2. Analyseresultater av vannprøver fra Horten vannverk i perioden 20/8 1958 - 22/11 1961.

Analysene utført ved Statens Institutt for Folkehelse.

Komponent	Råvann			Renvann	
	1958 20/8	1958 30/8	1961 22/11	1958 20/8	1958 30/8
Surhetsgrad	7,1	7,1	7,1	7,1	6,7
Spes. ledn. evne, v/20°C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	207	204	154	224	222
Farge, mg Pt/l		32	30	15	5
Permanganattall, mg O/l	5,8	5,7	6,2	2,5	1,9
Alkalitet, ml N/10 HCl/l	11,0	10,7	6,3	9,6	7,8
Fosfat, total, mg PO_4/l			0,095		
Klorid, mg Cl/l	19	20	13	21	21
Nitrat, mg NO_3/l	upå- viselig	upå- viselig	spor	upå- viselig	upå- viselig
Sulfat, mg SO_4/l	+	tvilsomt	+	+	+
Hårdhet, total, mg CaO/l	34	34	25	37	37
Jern, mg Fe/l	1,0	0,6	0,44	0,16	0,04
Mangan, mg Mn/l	2,0	1,7	0,02	1,34	2,0
Ammoniakk, mg NH_4/l	0,50	0,7	0,15	0,20	0,6

TABELL 3. Resultater av undersøkelser utført i tiden 12/8 1968 - 16/8 1968.

Prøvetakings- dato	Prøvetakingssted	Temp.	O ₂	% M	Mn	Lukt	Smak
12/8 1968	Helserådsinspektørens kontor, Skippergt. 23.	-	-	-	650	-	-
13/8 1968	Helserådsinspektørens kontor, Skippergt. 23.	-	-	-		17	17
14/8 1968	Helserådsinspektørens kontor, Skippergt. 23.	-	-	-	600	17	17
15/8 1968	Helserådsinspektørens kontor, Skippergt. 23.	-	-	-		17	17
16/8 1968	Inntakstårn	16,5	3,22	33,9		17	17
16/8 1968	Inn på renseanlegg ¹⁾	16,5	3,12	32,6		-	-
16/8 1968	Renv. tank.	16,5	6,90	72,7		-	-

1) Prøve tatt i kum i renseanlegg før kjemikaliedosering, men etter pumpe.
Luftlekkasje.

TABELL 4. Resultatene av kjemiske undersøkelser

Prøvetakssteds	Dato	Temp.	O ₂	% M	pH	Spes.	Farge	Turb.	K ₂ O ₄	Klor	Ca	Al	Fe	Mn	Lukt	Smak
Etter sandfilter (for kalking)	16/7	13,5	7,40	73,2	6,4	174	2	0,11	1,5		13,1		<10	575		
Før høydebasseng	"	14	7,55	75,5	7,3	200	9	0,10	1,4		20,2		25	475		
Etter høydebasseng	"	"	7,35	-	7,3	116	7	0,14	1,5		20,9		65	130		
Etter sandfilter	22/7	16,5	5,65	59,4	6,8	184	16	0,05	1,8		15,9		15	580		
Før høydebasseng	"	14,0	7,60	76,0	7,3	196	18	0,10	1,8		20,6		15	550		
Etter høydebasseng	"	14,0	7,25	72,5	7,2	200	26	0,64	1,7		20,5		600	115		
Etter sandfilter	29/7		7,04		6,8	187	2	0,05	1,4		26,0	<0,1	10	950		
Før høydebasseng	"		6,99		9,0	210	100	5,0	1,6		23,1	<0,1	115	760		
Etter høydebasseng	"		5,41		8,0	210	24	0,12	1,3		14,8	<0,1	195	200		
Før høydebasseng (mt)	6/8	15	6,21	63,5					1,3			<0,1	30	1042		
Etter høydebasseng	"	17	6,01	63,7					1,3			<0,1	45	370		
Etter sandfilter	"	15	5,85	59,6					1,0			<0,1	15	1116		
Råvann	12/8	17	1,01	10,6	7,0		40	2,0	5,0			<0,1	390	989	1	8
Før sandfilter	"	"	"	"	6,0		5	0,05	"	(0,01)		<0,1	"	950	"	"
Etter sandfilter	"	15	2,12	21,5	6,0		5	0,01	1,2	0,15		<0,1	25	963	4	4
Holtandalen	"	"	"	"	7,5		5	0,02		0,06		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,2		5	0,01	0,95	<0,01		<0,1			"	"
Skippergt.9	"	19	6,16	68,5	7,3		5	0,03	1,1	<0,01		<0,1	30	631	"	"

De analyseresultatene som er skrevet med kursiv er utført ved Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen, Borre, Holmestrand og Horten, de øvrige er analysert ved NIVA.

Tabell 4 (forts.)

Prøvetakingssted	Dato	Temp.	O ₂	% M	pH	Spes.	Farge	Turb.	KMnO ₄	Klor	Ca	Al	Fe	Mn	Lukt	Stak
Råvann	19/8	18	2,78	23,8	7,2		35	1,3	4,8			<0,1	710	1004	8	8
Før sandfilter	"	"	"	"	6,0		5	0,02		0,04		<0,1		1119	"	"
Etter sandfilter	"	16	3,86	40,6	6,0		5	0,04	0,47	0,02		<0,1	110	989	8	8
Holtandalen	"	"	"	"	7,0		5	0,03		<0,02		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,0		5	0,02	1,2	<0,02		<0,1			"	"
Skippergt.9,lab.	"	17,5	6,93	74,2	7,0		5	0,03	1,1	<0,02		<0,1	210	905	4	8
Råvann	26/8	21,5	2,06	23,8	7,0		40	1,3	5,3			<0,1	1700	1210	4	2
Før sandfilter	"	"	"	"	6,2		5	0,13		0,02		<0,1		1080	"	"
Etter sandfilter	"	20,0	4,41	49,7	6,2		5	0,40	1,3	0,02		<0,1	325	1120	17	17
Holtandalen	"	"	"	"	7,5		10	0,11		0,04		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,3		5	0,09	1,0	0,02		<0,1			"	"
Skippergt.9,lab.	"	17,0	6,86	72,7	7,2		5	0,08	1,1	<0,02		<0,1	275	971	8	2
Råvann	2/9	15	1,8	18,4	7,2		40	1,9	4,7			0,2 ^{x)}	1700	1420	8	2
Før sandfilter	"	"	"	"	5,9		5	0,22		0,02		<0,2		1370	"	"
Etter sandfilter	"	15	4,6	46,9	6,0		5	0,04	1,1	0,06		<0,2	150	1320	17	17
Holtandalen	"	"	"	"	7,5		80	2,3		0,15		<0,2			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,7		5	0,04	1,3	<0,02		<0,2			"	"
Skippergt.9,lab.	"	16,5	5,9	62,0	7,5		5	0,03	1,2	<0,02		<0,2	195	934	2	2

De analyseresultatene som er skrevet med kursiv er utført ved Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen Borre, Holmestrand og Horten, de øvrige er analysert ved NIVA.

x) Må være påvirket av høyt innhold av Fe og Mn.

Tabell 4 (forts.)

Prøvetaksingssted	Dato	Temp.	O ₂	% M.	pH	Spes.	Farge	Turb.	KMnO ₄	Klor	Ca	Al	Fe	Mn	Lukt	Smak
Råvann	9/9	15	2,3	23,5	7,7		60	1,6	4,8	<0,07		0,3	1250	1750	35	17
Før sandfilter	"	"	"	"	6,2		20	0,35		<0,07		0,3	1720	1720	"	"
Etter sandfilter	"	13,5	4,3	42,5	6,2		20	0,47	1,4	<0,07		x)	570	1500	34	8
Holtandalen	"	"	"	"	7,6		20	0,04		0,07		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,6		5	0,02	1,5	<0,07		<0,1			"	"
Skippergt.9, lab.	"	16,5	7,7	74,6	7,7		25	0,04	1,4	0,07		<0,1	260	1000	8	2
Råvann	16/9	14	2,5	24,9	7,7		60	2,4	4,8	0,20		0,01	1500	1690	34	4
Før sandfilter	"	"	"	"	6,0		5	0,84		0,20		≈1,2	2040	2040	"	"
Etter sandfilter	"	14,5	4,6	46,4	6,7		5	0,01	1,0	0,20		0,01	65	1770	34	17
Holtandalen	"	"	"	"	6,8		10	0,78		<0,07		0,02			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,5		15	0,03	1,1	<0,07		0			"	"
Skippergt.9, lab	"	15,5	5,8	59,7	7,5		5	0,08	1,3	<0,07		0,01	115	1180	4	7
Råvann	23/9	14	8,7		7,0		25	4,4	4,8	"		<0,1	320	266	8	7
Før sandfilter	"	"	"	"	5,8		5	0,35		0,50		<0,1	319	319	"	"
Etter sandfilter	"	14	8,0		5,6		5	0,21	1,0	0,50		<0,1	25	440	34	17
Holtandalen	"	"	"	"	6,6		5	0,65		0,03		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,7		5	0,12	1,0	0,07		<0,1			"	"
Skippergt.9, lab.	"	14	8,7		7,2		5	0,10	1,7	<0,07		<0,1	115	588	2	7

De analyseresultatene som er skrevet med kursiv er utført ved Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen Borre, Holmestrand og Horten, de øvrige er analysert ved NIVA.

Tabell 4 (forts.)

Prøvetakingssted	Dato	Temp.	O ₂	% M	pH	Spes.	Farge	Turb.	KMnO ₄	Klor	Ca	Al	Fe	Mn	Lukt	Smak
Råvann	30/9	12	9,4	90,0	7,4		20	2,8	4,4	--		<0,1	220	142	8	1
Før sandfilter	"	"	"	"	6,4		5	0,02		0,06		<0,1		75	"	"
Etter sandfilter	"	"	9,6	97,9	6,3		5	0,01	1,1	10,0		<0,1	10	80	8	4
Holtandalen	"	"	"	"	6,9		5	0,04		10,0		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	7,6		5	0,03	0,95	10,0		<0,1			"	"
Skippergt.9, lab.	"	12	9,9	96,8	7,4		5	0,05	1,2	10,0		<0,1	105	136	2	1
Råvann	7/10	12	9,9		7,3		15	1,9	4,0	--		<0,1	140	93	2	1
Før sandfilter	"	"	"	"	6,5		5	0,07		0,1		<0,1		43	"	"
Etter sandfilter	"	12	10,4		6,5		5	0,07	0,87	90,0		<0,1	10	51	4	2
Holtandalen	"	"	"	"	7,5		40	2,4		10,0		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	8,2		5	0,14	1,1	10,0		<0,1			"	"
Skippergt.9, lab.	"	12	10,3		7,9		5	0,05	1,1	10,0		<0,1	90	42	2	1
Råvann	14/10	02	10,3	94,3	7,2		15	0,85	3,6	0,1		<0,1	85	80	4	1
Før sandfilter	"	"	"	"	6,2		5	0,02		0,1		<0,1		65	"	"
Etter sandfilter	"	12	10,4	97,4	6,3		5	0,01	1,5	0,1		<0,1	10	35	12	8
Holtandalen	"	"	"	"	7,7		30	0,44		10,0		<0,1			"	"
Basseng	"	"	"	"	8,7		5	0,07	2,1	10,0		<0,1			"	"
Skippergt.9, lab.	"	12	9,9	96,8	7,8		5	0,02	1,3	10,0		<0,1	60	35	2	1

De analyseresultatene som er skrevet med kursiv er utført ved kjøtt- og næringsmiddelkontrollen Borre, Holmestrand og Horten, de øvrige er analysert ved NIVA.

Tabell 4 (forts.)

Prøvetakingssted	Dato	Temp.	O ₂	% M	pH	Spes.	Farge	Turb.	KMnO ₄	Klor	Ca	Al	Fe	Mn	Lukt	Smak
Råvann	20/10	11,0	10,0	93,6	7,2		20	1,5	3,8	0,40		0,02	185	78	4	1
Før sandfilter	"	"	"	"	6,2		5	0,05		0,13		0,13		11		
Etter sandfilter	"	"	"	"	6,3		5	0,02	0,87	0,15		0,01	5	13	4	4
Holtandalen	"	"	"	"	7,0		15	0,25		<0,01		0,03				
Basseng	"	"	"	"	7,3		5	0,06	1,3	0,01		0,01	45	27	2	1
Skippergt.9, lab.	"	"	"	"	7,2		5	0,12	1,3	<0,01						
Råvann	29/10	10,0	10,1	92,5	7,4		20	0,41	4,0			0,6	100	50	2	4
Før sandfilter	"	"	"	"	2,3		5	0,11		0,20		<0,1		5		
Etter sandfilter	"	"	"	"	2,3		5	0,07	1,4	0,10		<0,1	10	20	4	4
Holtandalen	"	"	"	"	2,3		5	0,22		0,10		<0,1				
Basseng	"	"	"	"	6,9		5	0,05	1,3	0,10		<0,1				
Skippergt.9, lab.	"	"	"	"	6,9		5	0,14	1,7	0,10		<0,1	20	35	2	2
Råvann	5/11	5,0			7,3		15	0,7	4,1			<0,1	80	30	2	1
Før sandfilter	"	6,0			6,2		5	1,2	1,2	0,15		6,5	10	5	4	2
Etter sandfilter	"	10,0			7,0		5	0,21	1,0	<0,01		<0,1	180	25	2	1
Skippergt.9, lab.	"	"	"	"	"		"	"	"	"		"	"	"	"	"
Råvann	11/11	5,0			7,4		20	3,2	4,3			0,1	110	65	2	1
Før sandfilter	"	5,5			6,9		5	0,04	1,3	0,10		0,1	<5	10	6	4
Etter sandfilter	"	6,5			7,4		5	2,3	1,5	<0,01		0,3	35	20	4	1
Skippergt.9, lab.	"	"	"	"	"		"	"	"	"		"	"	"	"	"

De analyseresultatene som er skrevet med *kursiv* er utført ved Kjøtt og Næringsmiddelkontrollen Borre, Holmestrand og Horten, de øvrige er analysert ved NIVA.

Tabell 4 (forts.)

Prøvetakingssted	Dato	Temp.	O ₂	% M	pH	Spes.	Farge	Turb.	KMnO ₄	Klor	Ca	Al	Fe	Mn	Lukt	Smak
Råvann Etter sandfilter Skippergt.9, lab.	18/11	4,5			7,5		25	1,6	4,0	--		0,1	135	30	2	1
	"	4,5			7,1		5	0,01	1,4	0,10		0,1	<5	10	8	4
	"	6,0			8,0		5	0,15	1,8	<0,01		0,3	40	10	2	1
Råvann Etter sandfilter Skippergt.9, lab.	25/11	4,0			7,4		20	1,4	4,2	--		0,2	550	25	2	1
	"	4,0			7,4		15	0,9	4,0	0,15		0,2	155	15	4	1
	"	5,0			8,2		15	0,7	2,5	<0,01		0,3	90	15	2	1
Råvann Etter sandfilter Skippergt.9, lab.	2/12	3,0			7,4		20	0,88	3,8	--		0,1	75	15	3	1
	"	3,0			7,4		15	0,57	3,6	0,15		0,1	50	10	4	1
	"	5,0			9,0		15	0,42	2,8	0,01		0,2	65	15	4	1

De analyseresultatene som er skrevet med kursiv er utført ved Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen Borre, Holmestrand og Horten, de øvrige er analysert ved NIVA.

TABELL 5. Restklormengde ved klorering av utluftet råvann og filtrert vann

		Råvann			
		1 mg Cl ₂ /l	2 mg Cl ₂ /l	4 mg Cl ₂ /l	6 mg Cl ₂ /l
Etter 1 h	Fritt	0,25	0,70	3,0	4,4
	Fritt + bundet	0,65	1,50	3,5	5,5
Etter 2 h	Fritt	0,10	0,60	2,0	4,4
	Fritt + bundet	0,20	1,20	3,3	5,5
Etter 3 h	Fritt	0,05	0,30	2,8 ¹⁾	4,1
	Fritt + bundet	0,20	0,90	3,5 ¹⁾	4,5
Filtrert vann					
Etter 1 h	Fritt	0,30	0,90	3,0	5,0
	Fritt + bundet	0,45	1,50	4,0	6,25
Etter 2 h	Fritt	0,25	1,2 ¹⁾	4,0 ¹⁾	5,0
	Fritt + bundet	0,50	1,5	4,0	5,0
Etter 3 h	Fritt	0,10	1,2 ¹⁾	3,0	5,0
	Fritt + bundet	0,20	1,5	3,0	5,0

1) Usikre verdier.

TABELL 6. Lukt på råvann og filtrert vann etter klorering

Råvann	Dosering av klor, mg/l			
	1	2	4	6
Etter 1 h	4	35	70	17
Etter 2 h	4	8	35	(35?)
Etter 3 h	4	8	17	8
Filtrert vann				
Etter 1 h	8	17	70	8
Etter 2 h	17	17	17	8
Etter 3 h	8	17	8	8

TABELL 7. Luktverdier etter dosering av aktivt kull¹⁾

	Henstands/ kontakttid	Dosering, mg/l				
		Uten kull	1	2	3	4
Råvann Gresslukt	20 min	4(2)	2	1,3	2	1,3
Klorert råvann Gresslukt	20 min	2	2	2	1,3	2
Innløp sedimen- teringstank Gresslukt	2½ t	4	2	2	2	2
Foran filter Klorlukt	20 min	2	1,3	1	1	1
Etter filter Gresslukt	50 min	2	1,3	1,3	2	2

1) Carbo Medicinalis Granalatus
N.V. Algemeene Norit Mij, Amsterdam, Holland

TABELL 8. Luktverdier etter dosering med aktivt kull (Norit 48932)

	Kontakttid tid, min.	Gresslukt						
		Dosering av aktivt kull, mg/l						
		Uten kull	1	2	3	4	8	16
Råvann	20	4	1,3			1,3	1,3	1,3
Klorert råvann	20	2				2	1,3	1
Råvann	20	4	1,3	1,3	1,3	4?		