



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Badevandet i Ho Bugt

Thamdrup, Per; Larsen, Torben

Published in:
Stads og Havneingenioeren

Publication date:
1985

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Thamdrup, P., & Larsen, T. (1985). Badevandet i Ho Bugt. *Stads og Havneingenioeren*, (8), 178-180.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Badevandet i Ho bugt

Af akademiingeniør

Per Thamdrup, Esbjerg kommune,
og civilingeniør

Torben Larsen, Aalborg Universitetscenter



Per Thamdrup

Akademiingeniør 1972. Stadsingeniørens kontor i Esbjerg fra 1973.
Fagområder: Transport, forurening, rensning og kontrol af spildevand.



Torben Larsen

Civilingeniør med speciale i vandbygning fra Danmarks tekniske Højskole i 1966. Lektor ved Institut for Vand, Jord og Miljøteknik ved Aalborg Universitetscenter. Arbejdsfeltet omhandler de hydrauliske sider af miljø- og vandbygningsområdet, herunder strømninger i vandløb, afløbssystemer og kystnære områder samt recipienthydraulik.

1. Introduktion

Forureningen af Ho bugt har været et offentligt diskussionsemne i en længere periode. Et centralt punkt i debatten har været det badeforbud, der i de sidste år har været nedlagt for strækningen mellem Esbjerg havn og udløbet af Varde å ved Tarphage. I det følgende vil vi give en oversigt over de undersøgelser og vurderinger, som har ført til erkendelsen af hovedårsagen til problemet. En grundig analyse af resultaterne fra flere års badevandskontrol har afsløret tydelige statistiske sammenhænge.

2. Lidt historie

Esbjerg er en ung by. Udviklingen startede med bygning af havnen i 1860'erne. I dag er Esbjergs indbyggertal 80.000 og havnen er Danmarks tredjestørste.

Oprindelig førte kloaksystemet spildevandet fra byen den korteste vej direkte ud i havnen eller i kystområdet. Men allerede i 40'erne begyndte man at interessere sig for den bakteriologiske forurening af kysten og de dermed forbundne badeinteresser. Konsekvensen heraf var, at der i 1956 blev vedtaget en samlet plan

for spildevandsudbygningen i byen. Denne indebar, at der skulle etableres afskærende ledninger langs havnen og at spildevandet skulle renses mekanisk og senere biologisk i to renselanlæg henholdsvis nordvest og sydøst for byen.

Da man i 1978-79 havde gennemført disse omfattende arbejder (excl. biologisk rensning) måtte det imidlertid konstateres, at der stadigvæk var problemer med at overholde badevandskriteriet. I den mellemliggende periode havde Esbjerg ekspanderet kraftigt, især i områderne nordvest for byen. Belastningen på renselanlæg Vest var således vokset til ca. 60.000 indbyggere.

3. Ho bugt som recipient

Ho bugt er den nordligste del af det karakteristiske vadehavsområde som strækker sig fra den engelske kanal op til Varde å's udløb. Tidevandet er den dominerende faktor for områdets morfologi og hydrografi. I hovedtræk kan vandområdet deles op i de flade vader, som er tørre ved lavvande, og de dybe priler og strømløb, som fører de store vandmængder ud og ind med tidevandet. Ved Esbjerg er tidevandet ca. 1,4 m, og ved lavvande udgør vandvolumet kun ca. $\frac{1}{3}$ af volumet ved højvande.

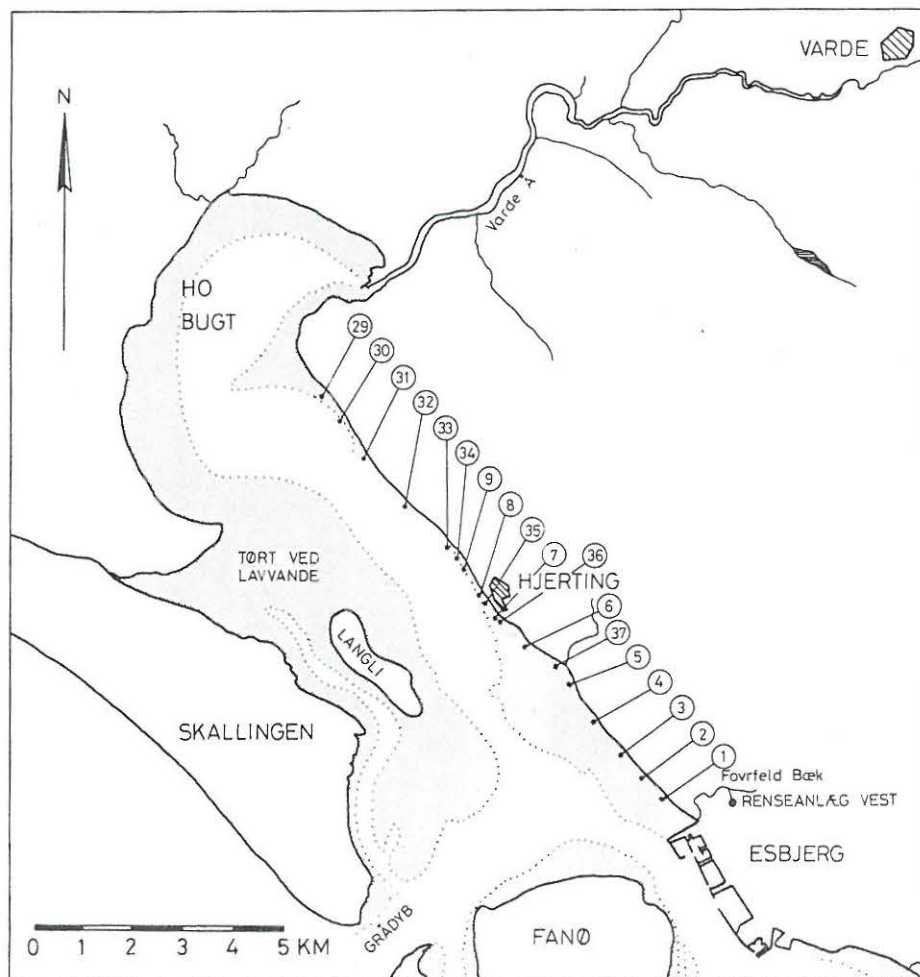


Fig. nr. 1. Oversigtsplan, stationer for badevandskontrol.

På grund af tidevandet er de maksimale strømhastigheder i ebbe- og flodstrømmen af størrelsesordenen 0,6 - 1,0 m/s. Dette sikrer normalt fuld vertikal opblanding af vandmasserne i strømløbene, samt at organisk stof ikke eller kun vanskeligt kan aflejres på vader og i strømløb. Iltsvindsproblemer, som kendes fra mange andre fjordområder, forekommer derfor kun i stærkt begrænset omfang. Yderligere bremser den lille opholdstid opvæksten af planktoniske alger, hvorved de velkendte eutrofieringsproblemer forårsaget af tilførslen af næringssalte, bliver mindre udbredte i dette område.

Der tilføres ikke spildevand direkte til Ho bugt udover, hvad der udledes fra overløbsbygværker og fra spredt bebyggelse. Men indirekte føres spildevand ind i bugten fra Varde å og fra renseanlæg Vest's udløb gennem Fovrfeld bæk (se figur nr. 1).

Renseanlæg Vest udleder omkring 25.000 m³ mekanisk rensede spildevand til Fovrfeld bæk pr. døgn. Fovrfeld bæk udmunder umiddelbart nord for Esbjerg havn. Udløbet foregår gennem en højvandsluse og udstrømningen sker diskontinuert på grund af tidevandet.

4. Badevandskontrollen 1980-84

Badevandskontrollen for Ho bugt varetages af Miljø- og levnedsmiddelkontrollen ved Esbjerg kommune. I årene 1980, 1981 og 1983 blev foretaget prøvetagning efter det velkendte mønster med udtagning af ca. 20 prøver i hver sommerperiode på stationerne 29 til 37 (se fig. nr. 1). I 1982 forlod man dette mønster med henblik på en nærmere vurdering af forholdene nær renseanlæg Vest's udløb. Man udtog da 20 prøver på hver af stationerne nr. 1 til 9.

Af praktiske årsager blev prøverne altid udtaget i tiden omkring højvande, hvor man havde mulighed for at tage prøverne på omtrent samme position fra gang til gang. Endvidere har man erfaring for, at badning kun finder sted nogle timer før og efter højvande.

Ud over selve badevandskontrollen har der i perioden været udført et stort antal detailundersøgelser med henblik på at efterspore ukendte kilder, indflydelse af overløbsbygværker m.v.

Som allerede indledningsvis nævnt, har resultatet af badevandskontrollen været et badeforbud langs hele kysten i Ho bugt.

5. Undersøgelsesresultater

Behandlingen af resultaterne har haft til formål at identificere årsagerne til den bakteriologiske forurening af bugten.

Man har sigtet mod at forsøge at udnytte de indsamlede oplysninger bedst muligt, ved at betragte E.coli-koncentrationen som den centrale parameter i vurderingen.

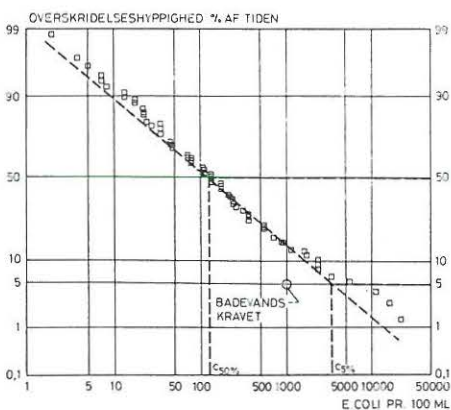
5.1 Længdeprofil af E.coli langs kysten i Ho bugt

Som målestok for forureningspåvirkningen på den enkelte målestation har man valgt en karakteristisk statistisk størrelse. Da badevandskravet som bekendt lyder, at E.coli-koncentrationen højst må overskride 1000 bakterier pr. 100 ml i 5% af tiden, har det været naturligt at fokusere på den koncentration betegnet $c_{5\%}$, som netop overskrides i 5% af tiden. Under forudsætning af, at prøverne er logaritmisk normalfordelte beregnes denne værdi af

$$\ln c_{5\%} = \overline{\ln c} + \frac{1,645}{\sqrt{n}} \cdot s(\ln c), \text{ hvor}$$

$\overline{\ln c}$ er gennemsnittet af den naturlige logaritme til koncentration
 $s(\ln c)$ er standardafvigelsen af den naturlige logaritme til koncentrationen
 n er antallet af prøver

På figur nr. 2 er som eksempel vist resultaterne fra station 34 optegnet på logaritmisk normalfordelingspapir.



Figur nr. 2. Fordelingsfunktion for 79 prøver fra station 34.

På figur nr. 3 er vist længdeprofil af $c_{5\%}$.

Man bemærker, at der er tale om en kontinuert (sammenhængende) kurve, som aftager jævnt bort fra renseanlæg Vest. Man bemærker, at kurven for 1982 afviger en del fra kurven 1980, 81 og 83. Dette er et udtryk for de variationer der kan være fra periode til periode. Årsagerne var, at perioden i 1982 var præget af tørvejr og fralandsvind.

Det skal understreges, at det tydelige forløb, som fremgår af fig. nr. 2, ikke lader sig aflæse af et enkelt års målinger, når det drejer sig om stationerne, som

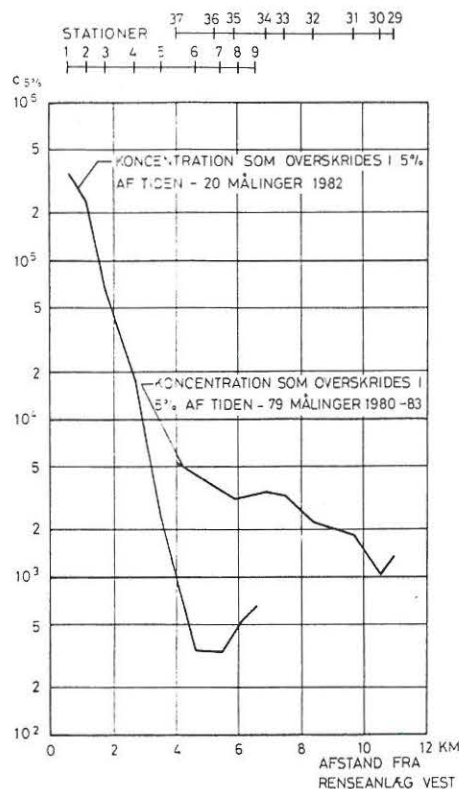


Fig. nr. 3. Længdeprofil af E.coli-koncentration.

ligger mere end ca. 4 km væk fra renseanlæg vest. Først da 3 års målinger blev slået sammen, trådte dette billede frem.

Da længdeprofilen således viste sig at være både sammenhængende og aftagende langs kysten i nordvestlig retning, måtte man konkludere, at kun udledningen fra renseanlæg Vest kunne være årsag til dette billede. Forskellige teorier om markante lokale kilder måtte samtidig forkastes.

5.2 Korrelationen mellem vind og E.coli

Det er umiddelbart iøjnefaldende, når man betragter prøveresultaterne, at store E.coli-koncentrationer falder sammen med moderat til kraftig pålandsvind.

På nedenstående figur nr. 4 ses længdeprofilen af $c_{5\%}$ ved henholdsvis pålandsvind og fralandsvind.

Vindens kraftige indflydelse skyldes formentlig, at spildevandet transporteres i en smal zone nær kystlinjen. I dette område kan vindstrøm og bølgestrøm have en væsentlig indflydelse og medvirke til at spildevandet føres over tidevandsskellet (omkring station 4, fig. nr. 1) og op forbi Hjerting. Kystens beliggenhed betyder desuden, at der er sammenhæng dels mellem pålandsvind og højvande, dels mellem pålandsvind og nedbør. Man kan derfor ikke udelukke, at figur nr. 4 viser en kombineret effekt af disse faktorer. Imidlertid har datama-

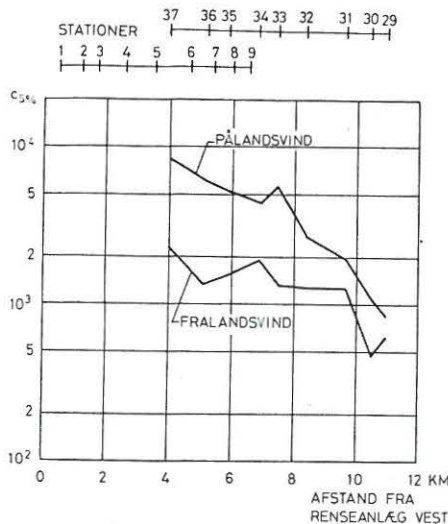


Fig. nr. 4. Længdeprofil af $c_{5\%}$ ved pålands- og fralandsvind.

teriale af flere årsager ikke kunnet være en multibel regressionsanalyse til uddybning heraf.

5.3 Korrelation mellem nedbør og E.coli

På figur nr. 5 er vist længdeprofiler af $c_{5\%}$ for situationer, hvor der var faldet henholdsvis større eller mindre nedbør end 5 mm de foregående 72 timer. Nedbør mindre end 5 mm forekom i 40 af de 79 tilælde.

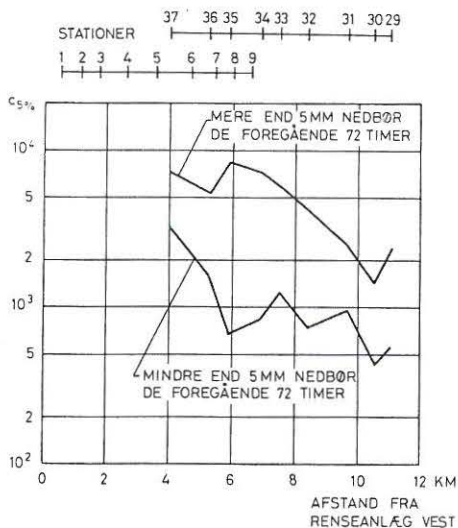


Fig. nr. 5. Længdeprofil af $c_{5\%}$, nedbørens indflydelse.

Man bemærker den markante forskel på tørvejs- og regnvejsperioder. Desuden kan man hæfte sig ved, at kurven for regnvejsperioderne har et sekundært maksimum ved station 34 ved Hjerting, hvilket indikerer at overløbsbygværkerne kan have en vis indflydelse.

5.4 Korrelation mellem stationerne indbyrdes

Erfaringen viser, at store E.coli-koncentrationer ofte forekommer samtidigt ved flere stationer. For at vurdere dette forhold kvantitativt har man beregnet en gennemsnitlig stedkorrelationsfunktion for området, og denne er vist som figur nr. 6. Stedkorrelationsfunktionen er fremkommet ved at man har beregnet korrelationskoefficienten for logaritmen til E.coli-koncentrationen mellem stationerne indbyrdes to og to. Denne korrelationskoefficient er herefter plottet som funktion af afstanden mellem de to stationer.

Korrelationskoefficienten mellem to måleserier kan beregnes af

$$r_{x,y} = \frac{\overline{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}}{s(x)s(y)}$$

hvor

x_i, y_i er måleværdier (logaritmen til E.colikoncentrationen)

\bar{x}, \bar{y} er gennemsnittet af måleværdierne
 $s(x), s(y)$ er standardafvigelsen af måleværdierne (logaritmen til E.colikoncentrationen)

Man kan af figuren se, at korrelationen stationerne imellem, som forventet, aftager med afstanden mellem stationerne. »Længdeskalaen« (defineret som arealet under stedkorrelationsfunktionen) er ca. 5 km. På denne baggrund kan man konkludere, at den enkelte målestation dækker en længde på 2-5 km på begge sider af stationen, og at man derfor vil kunne nedsætte antallet af stationer i fremtiden. Det må understreges, at disse erfaringer næppe kan overføres til kyster i de indre danske farvande, hvor hydrografien er anderledes.

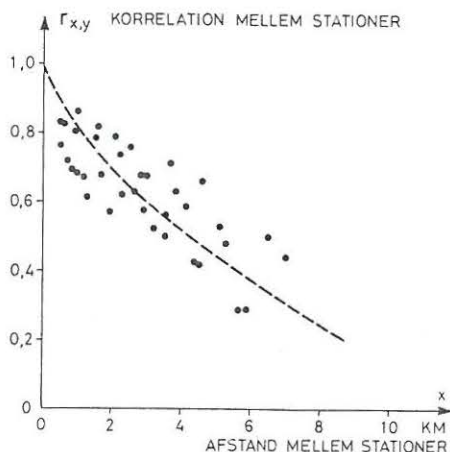


Fig. nr. 6. Stedkorrelationsfunktion, indbyrdes korrelation mellem prøver udtaget samme dag, stationerne 29-37.

6. Sammenfatning og konklusion

Den statistiske behandling af resultaterne fra prøvetagning af badevandsforholdene kan sammenfattes som følger:

1. Der er tale om en sammenhængende forureningspåvirkning af hele kyststrækningen nord for Esbjerg i Ho bugt. Den primære kilde hertil er med stor sandsynlighed renseanlæg Vest.
2. Man kan med fordel benytte flere års data fra badevandskontrollen, såfremt man, som ved denne undersøgelse, skulle ønske at vurdere hvilke kilder, som er mest væsentlige.
3. En korrelationsanalyse viste, at stationerne for prøvetagningen ligger så tæt, at der er en høj grad af sammenfald af måleværdier mellem stationerne. Afstanden mellem stationerne vil derfor formentlig kunne øges uden at kontrollen svækkes.
4. Badevandsforholdene i Ho bugt er markant dårligere i perioder med nedbør og pålandsvind. Man skønner, at dette også vil være tilfældet langs tilsvarende forurenede kyster på andre lokaliteter.

7. Fremtiden

Esbjerg byråd har på sit møde den 14. januar 1985 vedtaget en spildevandsplan, hvis målsætning bl. a. er en forbedring af recipientforholdene, herunder ikke mindst en forbedring af badevandsforholdene.

Efter planen påregner man ved udgangen af 1986 at have afsluttet bygningen af udløbsledninger fra byens to renseanlæg. I 1989 forventes en udbygning af begge renseanlæg at være tilendebragt. På renseanlæg Vest etableres kemisk forfældning og biologisk efterbehandling. På renseanlæg Øst etableres kemisk forfældning. Til udløbsledninger og udbygning af renseanlæg er budgetteret med ca. 230 mio. kr. i anlægsudgifter.

Rettelse nr. 5/1985:

I artiklen side 108-111 »Om skalaeffekter ved forureningsspredning ...« er der på side 108, 1. spalte et par meningsforstyrrende fejl.

8. nederste linie og f.f. skal rettelig være:

$$\sigma_x^2 = 2Dt = 2\alpha vt = 2\alpha x$$

hvor D er dispersionskoefficienten, α dispersiviteten, v porehastigheden, t tiden og x den tilbagelagte middellængde svarende til tiden t.